

Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado

Rogério Ferreira da Silva^{1*}, Adriana Maria de Aquino², Fábio Martins Mercante¹ e Maria de Fátima Guimarães³

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Agropecuária Oeste, Cx. Postal 661, 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. ²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. ³Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

*Autor para correspondência. E-mail: rogerio@uem.br

RESUMO. O trabalho teve como objetivo avaliar a densidade e diversidade da macrofauna invertebrada do solo de um sistema de produção envolvendo a rotação lavoura e pecuária, sob plantio direto. O trabalho foi conduzido no Município de Dourados, Estado do Mato Grosso do Sul, num LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico, em parcelas com monocultivo e preparo convencional do solo, sistema integrado lavoura/pecuária em plantio direto e pastagem contínua, e um fragmento de vegetação nativa. As avaliações foram realizadas em quatro épocas distintas: janeiro/2002, junho/2002, janeiro/2003 e julho/2003, conforme o método recomendado pelo programa “Tropical Soil Biology and Fertility” (TSBF). Os sistemas com menor interferência antrópica apresentaram maior abundância e riqueza da comunidade da macrofauna invertebrada do solo.

Palavras-chave: rotação lavoura/pecuária, plantio direto, fauna do solo, diversidade.

ABSTRACT. Soil invertebrate macrofauna in an integrated livestock production system in the Brazilian savanna. The objective of this work was to evaluate the density and diversity of soil invertebrate macrofauna in a crop-livestock rotation production system under no-tillage. The field experiment was performed in Dourados, Mato Grosso do Sul State, Brazil, on a Typic Hapludox soil, in parcels under a conventional monoculture system, a crop-livestock rotation system under no-tillage and continuous pasture, and a native vegetation fragment. The evaluations were conducted in January 2002, June 2002, January 2003 and July 2003, according to the method recommended by the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) program. Systems with less anthropic interference showed greater abundance and richness of soil invertebrate macrofauna.

Key words: crop-livestock rotation, no-tillage, soil fauna, diversity.

Introdução

A exploração primária, na região do Cerrado, baseia-se na produção de grãos em lavouras mecanizadas e bovinocultura de corte extensivo, apresentando baixos índices de eficiência, além de crescentes taxas de degradação dos solos e do potencial produtivo (Salton *et al.*, 2001). Tais processos são decorrentes do manejo inadequado do solo e da pastagem, pastejo excessivo, monocultura, ausência de práticas conservacionistas e uso de equipamentos inadequados no preparo do solo, com reflexos diretos na degradação dos recursos naturais. Estima-se que 60 a 80% das pastagens, nesta região, estejam em algum estágio de degradação (Kluthcouski e Aidar, 2003).

Como forma de otimização da exploração agropecuária na região, estão sendo implementados sistemas de produção conduzidos em plantio direto

com rotação entre lavoura e pecuária, beneficiando ambas as atividades. Segundo Lal (1991), a rotação entre culturas anuais e pastagens é uma das alternativas para se obter um manejo sustentável do solo e da água nos trópicos. De acordo com Melo (1996), este sistema tem demonstrado ser técnica e economicamente viável.

Na integração dos sistemas de produção de grãos e pecuária, as gramíneas apresentam sistema radicular extenso e em constante renovação, que melhora a estrutura do solo e promove a deposição de grande quantidade de resíduos orgânicos, os quais, mantidos na superfície, protegem o solo contra as intempéries. As leguminosas contribuem com nitrogênio, beneficiando, com isso, as pastagens subsequentes e os animais na reciclagem de nutrientes, com retorno ao sistema dos nutrientes contidos no tecido vegetal através de dejetos (Vilela, 2004).

A adição de material orgânico, no sistema integrado, por meio de resíduos animais (principalmente esterco), raízes e resíduos dos cereais e da forrageira estimula o desenvolvimento de diferentes espécies de invertebrados do solo, pertencentes a numerosos grupos taxonômicos, que são os maiores agentes reguladores dos processos físicos, químicos e biológicos (Lavelle e Spain, 2001). Dentre os organismos invertebrados do solo está a macrofauna, que compreende os organismos maiores que 10 mm de comprimento e/ou maiores que 2 mm de diâmetro corporal, incluindo os grupos das formigas, coleópteros, aranhas, minhocas, centopéias, cupins, diplópodes, entre outros (Lavelle et al., 1994; Wolters, 2000; Lavelle e Spain, 2001).

As comunidades da macrofauna invertebrada desempenham papel-chave nos processos de ciclagem de nutrientes e na estrutura do solo (Blanchart et al., 1992). Estes organismos, além da fragmentação do material orgânico, regulam a população microbiana responsável pelos processos de mineralização e humificação, influenciando na reciclagem de matéria orgânica e na liberação de nutrientes assimiláveis para as plantas (Huhta et al., 1991; Beare et al., 1994; Wardle e Lavelle, 1997). Podem ser também vetores de microrganismos simbióticos das plantas, como fixadores de nitrogênio e fungos micorrízicos, bem como digerem, de maneira seletiva, microrganismos patógenos (Brown, 1995).

As atividades desses organismos consistem na escavação e/ou ingestão e transporte de material mineral e orgânico no solo, levando à criação de estruturas biogênicas (galerias, ninhos, câmaras e bolotas fecais), as quais influem na agregação, propriedades hidráulicas, dinâmica da matéria orgânica e na composição, abundância e diversidade de outros organismos do solo (Lavelle e Spain, 2001). Os organismos da macrofauna, principalmente os térmitas, as formigas, as minhocas e larvas de coleópteros são denominados “engenheiros do ecossistema” pela habilidade de modificar o ambiente físico e químico onde vivem (Jones, 1994; Lavelle et al., 1997; Brown et al., 2002).

Vários trabalhos têm destacado a hipótese de que a diversidade e abundância da macrofauna invertebrada do solo, assim como a presença de determinados grupos em um sistema, podem ser usados como indicadores da qualidade dos solos (Stork e Eggleton, 1992; Chaussod, 1996; Muys e Granval, 1997; Socarrás, 1998; Tapia-Coral et al., 1999; Paoletti, 1999; Barros et al., 2002), pois são muito sensíveis às modificações do manejo do solo

(Lavelle et al., 1992). Estudos recentes têm demonstrado a sua importância na recuperação de áreas degradadas (Tapia-Coral et al., 1999; Barros et al., 2002; Barros et al., 2004). Atualmente, com o crescente interesse por práticas conservacionistas, muita ênfase tem sido dada ao estudo da estrutura da comunidade invertebrada do solo, visando identificar as opções de manejo que possam otimizar suas atividades para o funcionamento do ecossistema (Brussaard et al., 1997; Mercante et al., 2008). Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a densidade e diversidade da comunidade de macrofauna invertebrada do solo de um sistema de produção envolvendo a integração lavoura e pecuária, sob plantio direto.

Material e métodos

O estudo foi realizado no período de 2002 a 2003, num experimento estabelecido em 1995, na Embrapa Agropecuária Oeste, Município de Dourados, estado do Mato Grosso do Sul (22° 14' 00" S e 54° 49' 00" W), em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico, com 70% de argila. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Aw, com estação quente e chuvosa no verão e moderadamente seca no inverno.

Os tratamentos foram dispostos em faixas sob três sistemas de produção: 1) sistema convencional (SC), consistindo-se no cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no verão e de aveia (*Avena strigosa* Schreb) no outono/inverno. Nesse sistema, o solo foi preparado com uso de grades de disco, sendo utilizado herbicida residual em pré-emergência, numa área de 2,0 ha; 2) sistema integrado lavoura/pecuária, com faixa subdividida em duas partes de 4,0 ha, sendo uma ocupada com lavoura (SI-L) e outra com pastagem (SI-P), de forma a conter as duas fases no mesmo momento. O sistema é rotacionado a cada dois anos, quando a área ocupada com lavoura passa a ser ocupada com pastagem (*Brachiaria decumbens* Stapf) e vice-versa. Na área ocupada com lavoura, a soja é conduzida em SPD, no verão, rotacionando-se com aveia no inverno, utilizada como pastagem temporária. Os animais foram manejados, em pastejo rotacionado, sem suplementação no período da seca, com todas recomendações técnicas sanitárias; 3) pastagem contínua (PC), consistindo-se num sistema com pastagem permanente (*Brachiaria decumbens* Stapf), conduzida em sistema rotacionado de pastejo, numa área de, aproximadamente, 10 ha; e 4) uma área adjacente, com vegetação nativa (VN) do tipo

Cerrado (campo cerrado), com cerca de 5 ha, que foi incluída no estudo como referencial da condição original do solo.

As avaliações foram feitas em quatro épocas distintas: janeiro/2002, junho/2002, janeiro/2003 e julho/2003. Nos sistemas em estudo, foram definidos aleatoriamente cinco pontos de amostragem equidistantes de 30 m, ao longo de um transecto. Em cada ponto, foi amostrado um monolito de solo de 0,25 x 0,25 m de largura e 0,30 m de profundidade, de acordo com as recomendações de Anderson e Ingram (1993). As amostras de solo foram triadas manualmente e os organismos encontrados (> 10 mm de comprimento e/ou > 2 mm de diâmetro corporal) extraídos e armazenados numa solução de álcool 70%. No laboratório, com auxílio de lupa binocular, procedeu-se a identificação e contagem dos organismos, em nível de grandes grupos taxonômicos. Além disso, foram separados de acordo com estágio de desenvolvimento, em adultos ou imaturos. Após a extração da macrofauna, o solo foi caracterizado quimicamente (Claessen, 1997) e os resultados se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química de solo na profundidade 0-30 cm em sistema convencional (SC), sistema integrado lavoura/pecuária (SI-P e SI-L), pastagem contínua (PC) e vegetação nativa (VN). Valores médios das quatro épocas de avaliação.

Sistemas	pH (H ₂ O)	P mg dm ⁻³	K	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg	Al	MO g kg ⁻¹
SC	5,2	13,0	0,4	3,1	1,3	1,0	25,3
SI-P1	5,2	9,2	0,2	2,7	1,2	0,9	26,0
SI-L2	5,4	8,4	0,3	3,4	2,0	0,6	28,3
PC	5,5	4,0	0,4	3,5	2,1	0,4	30,1
VN	6,1	1,9	0,5	9,3	2,7	0,1	49,1

¹SI-P: pastagem cultivada após 2 anos de lavoura (soja/aveia) e ²SI-L: lavoura (soja/aveia) implantada após 2 anos de pastagem.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em um esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições. As parcelas principais foram os sistemas de preparo do solo e as subparcelas, as épocas de avaliação. Os dados obtidos (\bar{x}), dada a sua heterogeneidade, foram transformados em $(\bar{x} + 0,5)^{1/2}$ e depois submetidos à análise de variância; as médias foram comparadas pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Efetuou-se o teste de coeficiente de correlação de Pearson com dados referentes à densidade total e riqueza de grupos da macrofauna em função do conteúdo de matéria orgânica do solo (MO). Além disso, os dados foram submetidos à análise de agrupamento ("cluster analysis"), adotando-se o método do vizinho mais distante ("complete linkage") a partir da Distância Euclidiana, para

descrever a similaridade entre os sistemas estudados. As análises estatísticas foram processadas com o "software" Statistica (versão 5.0, StatSoft).

Resultados e discussão

Verificou-se que houve efeito significativo ($p < 0,05$) da interação entre os sistemas avaliados e as épocas de amostragens para os valores de densidade total da macrofauna invertebrada do solo (Tabela 2). Em todas as épocas de avaliação, o sistema com vegetação nativa (VN) foi o que apresentou a maior densidade total, diferindo estatisticamente dos demais sistemas, com exceção na avaliação de julho/2003, onde foi similar com a pastagem contínua (PC). Provavelmente, por ser um ambiente mais favorável em termos de variedades de microhabitats e de oferta de recursos, proporcionados pela diversidade da vegetação (Silva *et al.*, 2006).

Dentre os sistemas de manejo de solo, nas avaliações de janeiro/2002, janeiro/2003 e julho/2003, o SC apresentou o valor de densidade total semelhante ao SI-P, PC e SI-L, respectivamente, e significativamente inferior aos demais sistemas (Tabela 2). No SC, provavelmente, a comunidade da macrofauna edáfica foi influenciada pelas modificações impostas pela aração e gradagens, como a destruição de habitats, exposição aos predadores e condições edafoclimáticas desfavoráveis, como temperatura e umidade (Lavelle e Spain, 2001).

A similaridade entre os valores de densidade total, no sistema convencional e sistema integrado na fase pecuária foi, provavelmente, em virtude do efeito do manejo anterior, observado principalmente na época janeiro/2002, quando a transição de lavoura para a pastagem teve efeito marcante (aveia/pastagem), desaparecendo ao longo das outras épocas de avaliações após a estabilização da pastagem. As pastagens cultivadas apresentam grande densidade de raízes em constante renovação e com liberação de exsudatos radiculares (Kluthcouski e Aidar, 2003), provendo maior disponibilidade de matéria orgânica no solo, e favorecendo o desenvolvimento e estabelecimento da macrofauna invertebrada edáfica (Silva *et al.*, 2006). Os valores de densidade total obtidos, nesse estudo, apresentaram correlação positiva e significativa ($r = 0,57$; $p < 0,05$) com MO, indicando a influência da matéria orgânica como fonte de energia para os organismos da macrofauna edáfica. Entre as épocas de avaliações, observou-se menor densidade total em janeiro/2002,

janeiro/2003 e julho/2003 nos sistemas SC, PC e VN, respectivamente, em relação às demais épocas.

Tabela 2. Densidade total (ind.m⁻²) da comunidade de macrofauna invertebrada do solo em sistema convencional (SC), sistema integrado lavoura/pecuária (SI-P e SI-L), pastagem contínua (PC) e vegetação nativa (VN). Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul.

Sistemas	Épocas de avaliação			
	janeiro/2002	junho/2002	janeiro/2003	julho/2003
SC	301Ca	557 Ca	109 Ca	150 Ca
SI-P1	243 Cb	1219 Ba	1114 Ba	1107 Ba
SI-L2	1744 Ba	1568 Ba	928 Ba	893 BCa
PC	1242 Ba	1816 Ba	595 BCb	1389 Aa
VN	5430 Aa	4192 Aa	3853 Aa	1386 Ab
Teste F (interação sistemas x épocas)			2,09*	

Médias grafadas com a mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância. *significativo ($p < 0,05$). ¹SI-P: pastagem cultivada após 2 anos de lavoura (soja/aveia) e ²SI-L: lavoura (soja/aveia) implantada após 2 anos de pastagem.

Para a riqueza de grupos (n^o de grupos), não houve interação significativa entre sistemas de cultivo e épocas de avaliação. Conforme pode ser observado na Tabela 3, a maior riqueza de grupos ocorreu no sistema com vegetação nativa (VN) e o menor no sistema convencional (SC), diferindo significativamente dos demais sistemas ($p < 0,05$). A grande heterogeneidade na oferta de recursos proporcionado pela serrapilheira da vegetação nativa, quando comparada ao SC, contrasta com a homogeneidade da mesma quanto à estabilidade ambiental. Estes dois fatores são, provavelmente, responsáveis pela manutenção da elevada riqueza ali encontrada (dados não apresentados). O sistema integrado na fase lavoura (SI-L) e pecuária (SI-P) foram semelhantes e a pastagem contínua (PC) semelhante ao SI-L. As variações observadas nos valores de riqueza de grupos entre os sistemas de manejo de solo ocorreram, provavelmente, em virtude das variações dos teores de matéria orgânica do solo (Tabela 1), onde foi detectada correlação positiva e significativa ($r = 0,65$; $p < 0,05$) entre ambas.

A riqueza de grupos da pastagem contínua, provavelmente, está relacionada com a disponibilidade de alimento que propiciou o sistema, tanto pela camada de serrapilheira, como por entrada de nutrientes via excreção e urina animal, o que pode ocasionar um incremento nos níveis de matéria orgânica do solo, principal fonte de energia da fauna edáfica (Kolmans e Vásquez, 1996). Além disso, este sistema após os sete a oito anos de pastoreio contínuo ainda não está em processo de degradação.

Os tipos de manejo e as práticas culturais podem determinar quais os grupos da fauna de solo e em que quantidades estarão presentes nos solos (Wardle

et al., 1993; Didden *et al.*, 1994). Em relação à composição taxonômica da comunidade de macrofauna invertebrada do solo, observou-se que os grupos responderam de maneira diferenciada aos sistemas de manejo do solo (Tabela 3). Os grupos de maior expressão, nos sistemas cultivados, foram os insetos sociais (Formicidae e Isoptera), responsáveis por mais de 50% da densidade total dos sistemas cultivados, com predominância de Formicidae em áreas com SC e Isoptera nos sistemas integrado lavoura/pecuária (SI-L e SI-P) e PC. Esses grupos estão entre os mais importantes da fauna do solo (Sánchez e Reinés, 2001; Dajoz, 2001), pois participam da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes (Fowler *et al.*, 1991). No caso de Isoptera, junto com as minhocas, são considerados como os “engenheiros de ecossistema”, pois suas atividades levam à formação de estruturas biogênicas (galerias, ninhos, câmaras e bolotas fecais), que modificam as propriedades físicas dos solos onde vivem e a disponibilidade de recursos para outros organismos (Lavelle, 1996). Esse grupo (Isoptera), geralmente, está relacionado à matéria orgânica com alta relação C/N, beneficiando-se da associação com microrganismos fixadores de nitrogênio (Lavelle e Spain, 2001), que permitem digerir a maioria dos substratos complexos (complexo tanino-proteína, lignina e compostos húmicos) (Garnier-Sillam e Harry, 1995).

No sistema com vegetação nativa (VN), verificou-se uma forte dominância de Enchytraeidae representando mais de 50% da abundância da comunidade (Tabela 3), possivelmente, em decorrência de ser um ambiente mais favorável em termos de temperatura, umidade e melhor qualidade e abundância de matéria orgânica (Tabela 1). Os demais oligoquetas (minhocas) responderam positivamente ao sistema integrado na fase de pecuária (SI-P) e pastagem contínua (PC), provavelmente, pela maior densidade de raízes que as pastagens produzem. Além disso, estes sistemas podem ser beneficiados pelo aumento da qualidade da matéria orgânica proveniente de dejetos dos animais. Isto produz um aumento da mineralização do carbono, favorecendo o desenvolvimento e estabelecimento da fauna do solo e, por conseguinte, das minhocas (Martínez e Sánchez, 2002). Além disso, a umidade do solo é uma variável ambiental mais importante na distribuição e abundância deste grupo em solos tropicais (Lavelle, 1983).

Tabela 3. Composição taxonômica (%) da comunidade de macrofauna invertebrada do solo sob sistema convencional (SC), sistema integrado lavoura/pecuária (SI-P e SI-L), pastagem contínua (PC) e vegetação nativa (VN). Valores médios de quatro épocas de avaliação. Os dados entre parênteses referem-se ao erro-padrão.

Grupos	SC	SI-P ¹	SI-L ²	PC	VN
	-----%				
Arachnida	0,0 (± 0,0)	0,5 (± 1,3)	0,6 (± 2,5)	0,4 (± 2,5)	0,8 (± 4,8)
Chilopoda	1,0 (± 4,3)	1,3 (± 2,2)	1,4 (± 5,4)	1,8 (± 6,8)	1,5 (± 15,7)
Coleoptera	7,4 (± 3,2)	1,5 (± 4,4)	2,6 (± 7,0)	2,0 (± 6,6)	1,2 (± 9,2)
Diplopoda	0,0 (± 0,0)	0,4 (± 1,1)	0,3 (± 1,5)	1,0 (± 7,3)	1,2 (± 11,3)
Formicidae	35,6 (± 39,6)	26,8 (± 76,7)	33,0 (± 138,0)	23,3 (± 227,0)	28,9 (± 236,3)
Heteroptera	0,7 (± 0,8)	0,1 (± 1,1)	3,1 (± 15,9)	6,5 (± 22,7)	0,5 (± 3,4)
Isoptera	20,0 (± 47,2)	48,7 (± 232,4)	44,3 (± 155,3)	48,8 (± 777,2)	0,6 (± 10,4)
Oligochaeta (minhocas)	0,3 (± 1,6)	6,1 (± 7,2)	4,2 (± 17,3)	7,2 (± 14,3)	3,6 (± 17,9)
Enchytraeidae	0,0 (± 0,0)	0,0 (± 0,0)	1,0 (± 12,8)	1,4 (± 4,2)	52,2 (± 388,7)
Larva de Coleoptera	17,2 (± 10,5)	7,0 (± 16,9)	7,3 (± 20,6)	4,8 (± 48,6)	4,3 (± 34,1)
Outras Larvas	8,4 (± 7,8)	5,9 (± 12,7)	1,1 (± 4,4)	0,4 (± 10,4)	0,6 (± 8,9)
Outros invertebrados	9,3 (± 6,8)	1,8 (± 6,0)	1,1 (± 3,8)	2,2 (± 6,7)	4,4 (± 17,4)
Riqueza de grupos	7 d	11 c	12 bc	15 b	22 a
Teste F (interação sistemas x épocas)			1,26 ^{ns}		

Médias grafadas com a mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância. ^{ns}: não-significativo (p < 0,05). ¹SI-P: pastagem cultivada após 2 anos de lavoura (soja/aveia) e ²SI-L: lavoura (soja/aveia) implantada após 2 anos de pastagem.

Entre os sistemas cultivados, representantes dos grupos de predadores (Arachnida e Chilopoda) e Diplopoda foram mais abundantes no sistema integrado (SI-P e SI-L) e pastagem contínua em comparação ao sistema convencional. Segundo Robertson *et al.* (1994), Marín *et al.* (2001) e Benito (2002), os agroecossistemas em plantio direto possibilitam maior abundância de grupos predadores que o sistema convencional. A maior densidade desses artrópodes contribui para o controle de pragas agrícolas, o que pode reduzir o uso de inseticidas em sistemas cultivados. Verificou-se que a maior ocorrência de Coleópteros adultos e imaturos se deu no sistema convencional, e Heteroptera na área cultivada com pastagem permanente (PC). Os organismos encontrados que compõem o grupo Heteroptera foram identificados como um inseto-praga, denominado popularmente de percevejo castanho da raiz das pastagens, que, de acordo com Oliveira e Malaguido (2004), podem ocorrer em várias culturas, principalmente, soja e pastagens.

Na análise de agrupamento técnico, cujo objetivo é agrupar sistemas de manejo com base em características comuns, observou-se a formação de dois grandes grupos distintos com relação aos valores de densidade total e riqueza de grupos (Figura 1). Esses dois grupos não apresentaram nenhuma similaridade entre si, uma vez que a sua distância de ligação foi de 100%. O primeiro grupo engloba o sistema com vegetação nativa (VN), com um nível de similaridade de 70%. Isso indica que nesses ecossistemas naturais, com maior diversidade de espécies, há um fornecimento constante de material orgânico, permanecendo o solo coberto, com menor variação e níveis mais adequados de temperatura e umidade, consequentemente, favorece as condições edáficas para a maior diversidade de

grupos da comunidade de macrofauna invertebrada do solo (Silva *et al.*, 2006).

No outro grupo, observou-se a formação de dois níveis de agrupamentos distintos (Figura 1). O primeiro nível apresentou uma semelhança de 82% entre SI-L (avaliados em janeiro/02, junho/02 e janeiro/03), SI-P (junho/02, janeiro/03 e julho/03) e PC (em todas as épocas de avaliação). Possivelmente, o agrupamento ocorreu em virtude do efeito da cobertura vegetal, no sentido de aumento da disponibilidade de energia e nutrientes, associada à existência de novos habitats favoráveis à colonização da macrofauna invertebrada do solo (Merlim *et al.*, 2005).

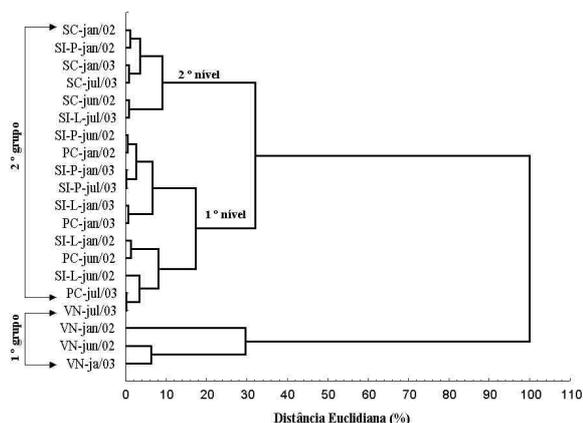


Figura 1. Dendrograma da similaridade da comunidade de macrofauna invertebrada do solo entre os sistemas de manejo de solo em diferentes épocas, com bases nas distâncias euclidianas. SC: Sistema convencional, SI-P: Sistema integrado na fase pecuária; SI-L: Sistema integrado na fase lavoura, PC: Pastagem contínua e VN: sistema com vegetação nativa.

No segundo nível, observou-se semelhança de 90% entre o sistema integrado na fase pecuária (SI-P) e lavoura (SI-L), avaliados em janeiro/02 e julho/03, respectivamente, e o sistema convencional

(SC), avaliado em todas as épocas. No caso do sistema integrado, na fase pecuária, provavelmente, o agrupamento ocorreu em virtude do efeito da transição da lavoura para a pastagem (após dois anos de cultivo com lavoura), onde a cultura anterior teve efeito marcante (aveia/pastagem), desaparecendo ao longo das outras épocas de avaliação. Já no caso do sistema integrado na fase lavoura (pastagem/soja/aveia/soja/aveia), o agrupamento ocorreu em virtude do efeito do manejo, demonstrando que após dois anos, compreendendo a duas safras de verão e duas de inverno, o sistema volta a ter características da macrofauna edáfica semelhante ao sistema convencional. Isto demonstra que o sistema integrado recompõe a comunidade da macrofauna invertebrada do solo após o período de dois anos de manejo, indicando que este período pode ser considerado adequado para a rotação do sistema lavoura-pecuária.

Conclusão

Os sistemas com menor interferência antrópica apresentaram maior abundância e riqueza da comunidade da macrofauna invertebrada do solo. No sistema com fragmento de mata, verificou-se a dominância de oligoquetas, principalmente Enchytraeidae, enquanto que os sistemas cultivados propiciaram a maior expressão dos grupos de formigas e cupins.

O sistema com pastagem contínua após os sete a oito anos de pastoreio rotacionado, mostrou-se instável ao longo do tempo em relação à estrutura da comunidade de macrofauna invertebrada do solo.

O sistema integrado permite a recomposição da comunidade da macrofauna invertebrada do solo, após o período de dois anos de manejo, indicando que este período pode ser considerado adequado para a rotação do sistema lavoura-pecuária.

A densidade e riqueza de grupos da comunidade invertebrada de solo mostraram-se como parâmetros sensíveis ao impacto de diferentes tipos de sistema de produção, possibilitando a sua indicação como ferramenta importante para aplicar-se como bioindicadores da qualidade do solo.

Agradecimentos

Ao CNPq, pelo suporte financeiro.

Referências

ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. *Tropical soil biological and fertility: a handbook of methods*. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1993.

BARROS, E. et al. Effects of land-use system on the soil

macrofauna in western Brazilian Amazonia. *Biol. Fertil. Soils*, Berlin, v. 35, n. 5, p. 338-347, 2002.

BARROS, E. et al. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazon. *Appl. Soil Ecol.*, Amsterdam, v. 26, n. 2, p. 157-168, 2004.

BEARE, M.H. et al. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional and no-tillage soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 58, n. 3, p. 787-795, 1994.

BENITO, N.P. *Interferência de sistemas de cultivos sobre a macrofauna invertebrada do solo*. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

BLANCHART, E. Role of earthworms in the restoration of the macroaggregate structure of a de-structured soil under field conditions. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v. 24, n. 12, p. 1587-1594, 1992.

BROWN, G.G. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? *Plant Soil*, Dordrecht, v. 170, n. 1, p. 209-231, 1995.

BROWN, G.G. et al. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGING BIODIVERSITY IN AGRICULTURAL ECOSYSTEMS, 2002. *Proceedings...* Montreal: United Nations University/Convention on Biological Diversity, 2002. p. 1-20.

BRUSSAARD, L. et al. Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Ambio*, Stockholm, v. 26, n. 8, p. 563-570, 1997.

CHAUSSOD, R. La qualité biologique des sols: évaluation et implications. *Étude Gestion Sols*, Ardon, v. 3, n. 4, p. 262-277, 1996.

CLAESSEN, M.E.C. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1997. (Documentos, 1).

DAJOZ, R. *Entomologia forestal: los insectos y el bosque*. Madrid: Mundi-Prensa, 2001.

DIDDEN, W.A.M. et al. Soil meso- and macrofauna in two agricultural systems: factors affecting population dynamics and evaluation of their role in carbon and nitrogen dynamics. *Agric. Ecosyst. Environ.* Amsterdam, v. 51, n. 1-2, p. 171-186, 1994.

FOWLER, H.G. et al. Ecologia nutricional de formigas. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. (Ed.). *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo: Manole, 1991. p. 131-223.

HUHTA, V. et al. The role of the fauna in soil processes: techniques using simulated forest floor. *Agric. Ecosyst. Environ.*, Amsterdam, v. 34, n. 1-4, p. 223-229, 1991.

JONES, C.G. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, Copenhagen, v. 69, n. 3, p. 373-386, 1994.

- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J. et al. (Ed.). *Integração lavoura-pecuária*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 185-223.
- KOLMANS, E.; VASQUEZ, D. *Manual de agricultura ecológica: una introducción a los principios básicos y su aplicación*. Managuá: MAELA: SIMAS, 1996.
- LAL, R. Tillage and agricultural sustainability. *Soil and Tillage Res.*, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 133-146, 1991.
- LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. *Biol. Intern.*, Paris, n. 33, p. 3-16, 1996.
- LAVELLE, P. et al. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.*, v. 33, n. 4, p. 159-193, 1997.
- LAVELLE, P. et al. The impact of soil fauna on the properties of soils in the Humid Tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P. (Ed.). *Myths and science of soils of the tropics*. Washington, D.C.: Soil Science Society of America, 1992. p. 157-185. (SSSA special publication, 29).
- LAVELLE, P. et al. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P.; SWIFT, M. J. (Ed.). *The management of the tropical soil biology and fertility*. New York: Wiley-Sayce Publication, 1994. p. 137-169.
- LAVELLE, P. The soil fauna of tropical savannas. I: The community structure. In: BOURLIÈRE, F. (Ed.). *Tropical savannas*. Amsterdam: E.S.P.C., 1983. p. 477-484.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. *Soil ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001.
- MARÍN, E.P. et al. Cuantificación de la macrofauna en un vertisol bajo diferentes sistemas de manejo en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista Suelos Ecuatoriales*, Bogotá, v. 31, n. 2, p. 233-238, 2001.
- MARTÍNEZ, M.A.; SÁNCHEZ, J.A. Comunidades de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) en un bosque siempre verde y un pastizal de Sierra del Rosario. *Caribb. J. Sci.*, San Juan, v. 36, n. 1-2, p. 94-103, 2002.
- MELO, J.S. Fundamentos para integração lavoura-pecuária no sistema plantio direto. *Rev. Plantio Direto*, Passo Fundo, n. 36, p. 12-13, 1996.
- MERCANTE, F.M. et al. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 30, n. 4, p. 479-485, 2008.
- MERLIM, A.O. et al. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 57-61, 2005.
- MUYS, B.; GRANVAL, P.H. Earthworms as bio-indicators of forest site quality. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v. 29, n. 3-4, p. 323-328, 1997.
- OLIVEIRA, L.J.; MALAGUIDO, A.B. Flutuação e distribuição vertical da população do percevejo castanho-da-raiz, *Scaptocoris castanea* Pety (Hemiptera: Cydnidae), no perfil do solo em áreas produtoras de soja nas regiões centro-oeste e sudeste do Brasil. *Neotrop. Entomol.*, Londrina, v. 33, n. 3, p. 83-291, 2004.
- PAOLETTI, M.G. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agric. Ecosyst. Environ.*, Amsterdam, v. 74, n. 1-3, p. 1-18, 1999.
- ROBERTSON, L.N. et al. The influence of tillage practices on soil macrofauna in a semi-arid agroecosystem in northeastern Australia. *Agric. Ecosyst. Environ.*, Amsterdam, v. 48, n. 2, p. 149-156, 1994.
- SALTON, J.C. et al. Impacto ambiental de sistemas intensivos de produção de grãos e de carne bovina na região oeste do Brasil. In: DIAZ ROSELLO, R. (Coord.). *Siembra directa en el Cono Sur*. Montevideo: PROCISUR, 2001. p. 43-53.
- SANCHÉZ, S.; REINÉS, M. Papel de la macrofauna edáfica en los ecosistemas ganaderos. *Pastos Forrajes*, Matanzas, v. 24, n. 3, p. 191-202, 2001.
- SILVA, R.F. et al. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do cerrado. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 41, n. 4, p. 697-704, 2006.
- SOCARRÁS, A.V. La vida del suelo: un indicador de su fertilidad. *Agric. Org.*, La Habana, v. 4, n. 1, p. 12-14, 1998.
- STORK, N.E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *Am. J. Alternative Agric.*, Greenbelt, v. 7, n. 1-2, p. 38-45, 1992.
- TAPIA-CORAL, S.C. et al. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia central. *Acta Amazon.*, Manaus, v. 29, n. 3, p. 477-495, 1999.
- VILELA, L. Integração lavoura-pecuária é alternativa para sustentabilidade da produção animal a pasto [S.1: s.n.]. Disponível em: <<http://boletimpecuario.com.br/artigos>>. Acesso em: 1 mar. 2004.
- WARDLE, D.A. et al. Effects of weed management strategies on some soil associated arthropods in maize and asparagus cropping systems. *Pedobiologia*, Jena, v. 37, n. 5, p. 257-269, 1993.
- WARDLE, D.A.; LAVELLE, P. Linkages between soil biota, plant litter quality and decomposition. In: CADISCH, G.; GILLER, K.E. (Ed.). *Driven by nature: plant litter quality and decomposition*. Wallingford: CAB International, 1997. p. 107-124.
- WOLTERS, V. Invertebrate control of soil organic matter stability. *Biol. Fertil. Soils*, Berlin, v. 31, n. 1, p. 1-19, 2000.

Received on May 30, 2007.

Accepted on March 04, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.