

POPULAÇÕES DE MINHOCAS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM CAFÉ CONVENCIONAL E ORGÂNICO

Earthworms populations in agroforestry systems with conventional and organic coffee

Adriana Maria de Aquino¹, Elias de Melovirgínio Filho²,
Marta dos Santos Freire Ricci³, Fernando Casanoves⁴

RESUMO

Objetivou-se, neste estudo, determinar se as populações das minhocas são alteradas em função do manejo do café (*Coffea arabica*) em Turrialba, Costa Rica. Os seguintes sistemas de cultivo do café foram estudados: a pleno sol (PS) e sombreado com eritrina, *Erythrina poeppigiana* (E); terminalia, *Terminalia amazonia* (T) e cashá, *Chloroleucon eurycyclum* (Ab). A hipótese foi de que o manejo orgânico do café e o fornecimento da serapilheira de melhor qualidade favoreceriam a diversidade, a densidade e a biomassa das minhocas. As populações das minhocas foram alteradas, em função do manejo com insumos sintéticos ou orgânicos, sendo a densidade menor no café a pleno sol. Entre as espécies utilizadas no sombreamento, a eritrina parece limitar a abundância das minhocas. Contudo, favorece a diversidade das mesmas, tendo sido registradas duas espécies de minhocas com papéis ecológicos diferenciados, *Pontoscolex corethrurus*, endogea e *Metaphire californica*, anécica; ao contrário dos demais tratamentos, onde somente foi encontrada a primeira espécie, considerada cosmopolita com distribuição pantropical.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, microclima, biodiversidade, fauna do solo, sombreamento.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine whether the populations of the earthworms are altered by coffee systems in Turrialba, Costa Rica. The following coffee management systems were studied: the sun and shading with *Erythrina poeppigiana*; terminalia, *Terminalia amazonia* or cashá, *Chloroleucon eurycyclum*. The hypothesis was that the organic management of the coffee and the litter input of better quality would favor the diversity, the density and the biomass of the earthworms. The populations of earthworms were differentiated with the synthetic or organic input. However, the density was lower in the coffee under the sun anyone the used species in the agroforestry, the eritrina seems to limit the abundance of the earthworms, but it favors the diversity of the same ones, being registered two species of earthworms with differentiated ecological roles, *Pontoscolex corethrurus*, endogea, specie cosmopolita with pantropical distribution and *Metaphire californica*, anecic. On the contrary of other treatments where only the first species was found.

Index terms: *Coffea arabica*, microclimate, biodiversity, soil fauna, shading.

(Recebido em 16 de maio de 2007 e aprovado em 18 de janeiro de 2008)

INTRODUÇÃO

Atualmente, com o crescente interesse por práticas agrícolas mais conservacionistas, muita ênfase tem sido dada ao estudo da estrutura da comunidade da macrofauna, visando entender o funcionamento do solo e obter possíveis indicadores da sua qualidade.

Em sistemas agrícolas, a ação mecânica do preparo do solo afeta diretamente os organismos do solo, influenciando negativamente a densidade e a diversidade dos mesmos (EDWARDS & LOFTY, 1982; FRASER, 1994; SHEU, 1992; WESTERNACHER-DOTZLER, 1992). O declínio da matéria orgânica do solo, resultante do intenso

cultivo, também representa importante fator para a redução das populações animais do solo (MÄDER et al., 1996).

Por outro lado, as práticas conservacionistas, incluindo contínuo aporte de matéria orgânica de melhor qualidade podem resultar na maior abundância, biomassa e diversidade das minhocas (LAVELLE et al., 1994; ORTIZ-CEBALLOS & FRAGOSO, 2004; TIAN et al., 1997).

As minhocas, grupo preponderante da macrofauna, atuam em vários processos fundamentais para a manutenção da fertilidade e qualidade dos solos de agroecossistemas e ecossistemas naturais (LAVELLE et al., 2001).

Entre esses processos estão a agregação e a decomposição da matéria orgânica do solo e resíduos

¹Doutora, Pesquisadora – Núcleo de Pesquisa e Treinamento Para Agricultores/NPTA – Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia/CNPAB – Avenida Alberto Braune, 223 – Centro – 28613-001 – Nova Friburgo, RJ – adrianaembrapa@gmail.com

²Mestre, Pesquisador – Departamento de Agroforesteria – Centro Agronômico Tropical de Investigación y Enseñanza/CATIE – CATIE, 7170 – Turrialba, Costa Rica – eliasdem@catie.ac.cr

³Doutora, Pesquisadora – Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia/CNPAB – Br 465, Km 07 – 23890-000 – Seropédica, RJ – marta@cnpab.embrapa.br

⁴Doutor, Pesquisador – Departamento de Agroforesteria – Centro Agronômico Tropical de Investigación y Enseñanza/CATIE – CATIE, 7170 – Turrialba, Costa Rica – casanoves@catie.ac.cr

vegetais, influenciando a disponibilidade de nutrientes e o transporte dos microrganismos (ARANDA et al., 1999; HENDRIX et al., 2006; LAVELLE et al., 2001; PASHANASI et al., 1996; SENAPATI et al., 1999).

Apesar de ser bem estudada a dinâmica dos efeitos das minhocas sobre a decomposição da matéria orgânica, pouco se sabe sobre a relação com as diferentes espécies de minhocas, de categorias ecológicas distintas, e em diferentes tipos de solos e ecossistemas.

Objetivou-se, neste estudo, determinar se as populações das minhocas são alteradas, em função do manejo do café em Turrialba, Costa-Rica. Três sistemas de manejos do café foram estudados: a pleno sol (PS) e sombreado com *Erythrina poeppigiana* (E); terminalia, *Terminalia amazonia* (T) ou cashá, *Chloroleucon eurycyclum* (Ab). A hipótese foi de que o manejo orgânico do café e o fornecimento da serapilheira de melhor qualidade favoreceria a diversidade, a densidade e a biomassa das minhocas.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área

O trabalho foi realizado em uma área experimental com café cultivado em sistemas agroflorestais, estabelecido em agosto de 2000, situada na Estação Experimental do CATIE - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Centro Agronómico Tropical de Pesquisa e Ensino), em Turrialba, Costa Rica. O experimento possui uma área de 9,2 ha e está localizado a 9°53'44"N e 83°40'7"O, a 600 m de altitude, com precipitação média de 2651 mm ano⁻¹ e temperatura média de 21,8°C.

Descrição dos tratamentos e desenho experimental

Foram avaliados 10 tratamentos, dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos corresponderam a diferentes coberturas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Caturra), com espécies arbóreas: eritrina, *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook (E); terminalia, *Terminalia amazonia* (Gmel.) (T) e cashá, *Chloroleucon eurycyclum* Barneby & Grimes (Ab); manejadas em três níveis de intensidade das práticas agrícolas e aplicação de insumos, conforme descrito em Sánchez-de-León et al. (2006): alto e médio convencional (AC e MC) e médio orgânico (MO). O café foi estabelecido no espaçamento de 2 m x 1 m e as espécies arbóreas no espaçamento de 6 m (entre as linhas de plantio) por 4 m (dentro da mesma linha).

O manejo AC correspondeu à aplicação dos níveis mais altos de insumos e fertilizantes químicos normalmente

utilizados pelos cafeicultores na região estudada (SÁNCHEZ-DE-LEÓN et al., 2006). As quantidades de fertilizantes aplicadas visam proporcionar o aporte de nutrientes em quantidades muito mais elevadas que as retiradas pelas colheitas. O manejo de pragas e doenças foi baseado na aplicação de defensivos químicos, seguindo um calendário de aplicação. O controle de plantas espontâneas foi realizado com herbicidas, deixando-se o solo descoberto.

No MC foram utilizados níveis intermediários de fertilizantes e insumos utilizados no AC. As quantidades de fertilizantes aplicadas foram elevadas, porém menores que as do manejo AC. O controle de pragas e doenças também foi feito com defensivos químicos, porém em menor frequência. Foram utilizadas diversas práticas de controle das invasoras, com aplicações de herbicidas em linha de plantio, mantendo-a sempre livre de ervas, e as entrelinhas manejadas com cobertura baixa com aplicações de herbicidas e uso de máquina.

No MO, utilizaram-se níveis altos de insumos e fertilizantes orgânicos. Foi aplicado esterco de galinha, polpa de café e rocha moída como fonte de P, Ca e Mg, procurando-se devolver quantidades maiores que as retiradas pelas colheitas. O controle de pragas e doenças foi feito com aplicações foliares de produtos naturais, associados a práticas manuais. O controle das plantas invasoras foi feito de oito a nove vezes por ano com auxílio de roçadeiras costais de forma seletiva nas entrelinhas e capinando-se as linhas.

Coleta e análise dos dados

Os dados foram obtidos em outubro de 2005, na estação chuvosa. As minhocas (*Oligochaeta*) foram coletadas manualmente, em um monolito de solo nas dimensões 25 x 25 cm, na profundidade de 10 cm. As minhocas foram quantificadas e pesadas. Os tratamentos avaliados foram T – AC, MO e MC; Ab – MO e MC; E – AC, MO e MC; PS-AC e MC.

Foi realizada a análise de variância dos dados com aplicação do teste F e a comparação de médias, por meio do teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade, utilizando-se os programas SISVAR (FERREIRA, 2000) e InfoStat (INFOSTAT, 2007). As variáveis densidade e biomassa das minhocas foram transformadas a postos, para o atendimento das pressuposições da ANAVA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O café, por ser uma cultura perene, não necessitando de constante preparo do solo, favorece a comunidade da macrofauna, comparado a culturas anuais.

Entretanto, componentes específicos da comunidade da macrofauna podem ser alterados pela adição de fertilizantes minerais, herbicidas, fungicidas (EDWARDS & LOFTY, 1977; FRASER, 1994; LEE, 1985; MÄDER et al., 1996) e exposição ao sol. As densidades das minhocas foram 78 e 115 ind m⁻² para os tratamentos a pleno sol, alto e médio convencional, respectivamente, sendo ambos os valores mais baixos entre todos os tratamentos (Tabela 1). Nos tratamentos E-AC, T-AC, E-MO, Ab-MC, foram encontradas cerca de 150 minhocas m⁻², principalmente naqueles associados às espécies arbóreas sob manejo convencional (AC e MC), diferindo significativamente dos tratamentos (T-MC, E-MC,) com médias em torno de 200 minhocas m⁻². Os tratamentos (Ab-MO, T-MO) apresentaram as maiores médias de densidade com 305 e 402 ind m⁻² respectivamente, ambos no manejo orgânico e significativamente diferentes dos demais tratamentos (Tabela 1). Esses valores foram considerados elevados comparando-se com os relatados por Hairiah et al. (2006) e Merino (1996).

Espera-se que as práticas conservacionistas, incluindo contínuo aporte de matéria orgânica de melhor qualidade resulte na maior abundância e biomassa das minhocas (ORTIZ-CEBALLOS & FRAGOSO, 2004; TIAN et al., 1997). No entanto, os resultados obtidos demonstraram a importância da relação entre a espécie arbórea e a intensidade de manejo na diversidade das minhocas, possivelmente em decorrência do estabelecimento de microclimas diferenciados. O microclima é um fator importante não somente para as culturas, como também para os organismos do solo que à medida que encontram menor temperatura, mais alta umidade e menor variação entre esses fatores, se estabelecem, favorecendo entre outras propriedades, a ciclagem de nutrientes (MARTIUS et al., 2004).

A eritrina é considerada uma espécie importante em sistemas agroflorestais na Costa Rica, entre outras razões, por ser fixadora de nitrogênio, produzir grandes quantidades de folhas ricas em nitrogênio e promover boa cobertura de sombra.

A qualidade da serapilheira tem um papel chave na taxa de decomposição, assim materiais com baixa relação C/N e baixa concentração de lignina e outros polifenóis são considerados materiais de alta qualidade, isto é, materiais que se decompõem e disponibilizam nutrientes rapidamente. No entanto, algumas espécies de eritrina, como a *Erythrina orientalis* (L.) Murray, apresentam elevado conteúdo de tanino (HANDAYANTO et al., 1992), podendo limitar a atividade dos microrganismos e conseqüentemente, a de outros organismos decompositores.

Tabela 1 – Abundância das minhocas, em sistemas agroflorestais com café orgânico e convencional (Turrialba, Costa Rica).

Tratamentos	---Nº ind m ⁻² ---
PS-AC	77,87 a
PS-MC	115,20 a
E-AC	147,20 b
T-AC	151,47 b
E-MO	156,80 b
Ab-MC	161,07 b
T-MC	203,73 c
E-MC	242,13 c
Ab-MO	305,07 c
T-MO	402,13 c
CV(%)	47,13

A análise estatística foi feita com base na transformação de médias a postos (abundância) e raiz quadrada (biomassa), buscando atender às pressuposições de normalidade e de variâncias homogêneas.

Médias seguidas de letras distintas minúsculas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Comparando a densidade das minhocas encontradas nos tratamentos com eritrina e com terminalia, essa última uma espécie não leguminosa, observam-se as densidades totais de 546 e 757 ind m⁻², respectivamente; sendo que 40% do total encontrado na eritrina estava concentrado no manejo MC e 50% do total em terminalia no MO (Tabela 1). Por outro lado, em relação à diversidade, foram encontradas duas espécies de minhoca, *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1856) e *Metaphire californica* (Kinberg, 1867), na eritrina, sendo que nos demais tratamentos, apenas a primeira espécie.

Merino (1996) relatou a ocorrência dessas espécies de minhocas em diversos agroecossistemas, incluindo o cafezal com e sem sombra na Costa Rica. Do ponto de vista ecológico, a *P. corethrurus* é endogeica e tem forte musculatura, boa escavadora do solo, vive em horizontes minerais e necessita consumir grande quantidade de terra (MERINO, 1996). Já *M. californica* é anécica, vive em horizontes minerais, mas alimenta-se da matéria orgânica na superfície do solo incorporando-a nos horizontes mais profundos (CHAN, 2001).

Em decorrência da baixa mobilidade das minhocas, 10-15 m ano⁻¹ (HENDRIX et al., 2006), é possível que essas espécies, não necessariamente, sejam as mais bem adaptadas a esse tipo de ambiente (LAVELLE, 1988). A

adoção de práticas conservacionistas não leva automaticamente às condições ótimas das populações das minhocas, em termos de densidade e diversidade (CHAN, 2001). No entanto, muitas espécies exóticas são capazes de afetar significativamente as propriedades do solo, como a dinâmica de nutrientes, bem como outros organismos do solo e a comunidade das plantas (HENDRIX et al., 2006).

P. corethrurus, pertencente à família Glossoscolecidae, foi dominante em todos os tratamentos, tendo já invadido diferentes agroecossistemas, em diferentes localidades (AQUINO, 2004; HENDRIX et al., 2006; MERINO, 1996). Essa espécie é geralmente transportada pelo homem, por isso é cosmopolita e com distribuição pantropical, sendo que o entendimento dos fatores, que levam ao sucesso do seu estabelecimento no solo, permanece ainda não totalmente esclarecido (HENDRIX et al., 2006).

Para a variável biomassa as médias mais baixas foram para os tratamentos PS-MC (31 g m⁻²), T-AC (43 g m⁻²), AB-MC (46 g m⁻²) e PS-AC (56 g m⁻²). Os demais tratamentos (T-MC, E-AC, E-MC, E-MO, T-MO e AB-MO), foram estatisticamente diferentes dos primeiros e tiveram maiores médias variando entre 80 a 96 g m⁻². Os três tratamentos com os maiores valores de biomassa foram os orgânicos com sombra (E-MO, T-MO e AB-MO), (Tabela 2). A relação entre a biomassa e a densidade de minhocas

Tabela 2 – Biomassa das minhocas, em sistemas agroflorestais com café orgânico e convencional (Turrialba, Costa Rica).

Tratamentos	---g m ⁻² ---
PS-MC	31,23 a
T-AC	43,13 a
PS-AC	56,25 a
AB-MC	46,73 a
T-MC	51,88 a
E-AC	54,24 a
E-MC	63,84 b
E-MO	81,49 b
AB-MO	96,22 b
T-MO	93,48 b
CV(%)	51,16

A análise estatística foi feita com base na transformação de médias a postos atendendo as pressuposições de normalidade e de variâncias homogêneas.

Médias seguidas de letras distintas minúsculas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

foi de 0,23 a 0,70 g ind⁻², indicando que o tamanho das minhocas variou em função dos tratamentos, sendo maior, provavelmente, onde ocorreu menor competição por água e nutrientes. Independente disso, esses valores foram superiores aos relatados por Hairiah et al. (2006).

CONCLUSÕES

A densidade das minhocas foi menor, no café a pleno sol com manejos convencionais. Os manejos orgânicos com sombra de cashá e terminalia apresentaram os mais altos valores. Entre as espécies arbóreas utilizadas para sombreamento do café, a eritrina parece limitar a abundância das minhocas, mas favorece a diversidade das mesmas, tendo sido registradas duas espécies de minhocas com papéis ecológicos diferenciados, a *Pontoscolex corethrurus* e a *Metaphire californica*.

AGRADECIMENTOS

Aos estudantes José Luiz Rodrigues Zupanni e Maria Fernanda do Prado, respectivamente, graduandos dos cursos de Engenharia Florestal e Biologia da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil, pela realização das coletas dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, M. de. **Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo**. Lajes: Fertbio, 2004. CD-ROM.

ARANDA, E.; BAROIS, I.; ARELLANO, P.; IRISSON, S.; SALAZAR, T.; RODRIGUEZ, J.; PATRON, J. C. Vermicomposting in the tropics. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Eds.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. New York: CABI, 1999. p. 253-287.

CHAN, K. Y. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity: implications for functioning in soils. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 57, p. 179-191, 2001.

EDWARDS, C. A.; LOFTY, J. R. **Biology of earthworms**. New York: J. Wiley & Sons, 1977.

EDWARDS, C. A.; LOFTY, J. R. The effect of direct drilling and minimal cultivation on earthworm populations. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 19, p. 723-734, 1982.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 66 p.

- FRASER, P. M. The impact of soil and crop management practices on soil macrofauna. In: PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R.; GRACE, P. R. (Eds.). **Soil Biota: management in sustainable farming systems**. Melbourne: CSIRO, 1994. p. 125-132.
- HAIRIAH, K.; SULISTYANI, H.; SUPRAYOGO, D.; PURNOMOSIDHI, W. P.; WIDODO, R. H.; NOORDWIJK, M. van. Litter layer residence time in forest and coffee agroforestry systems in Sumberjaya, West Lampung. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 224, p. 45-57, 2006.
- HANDAYANTO, E.; NURAINI, Y.; PURNOMOSIDHI, P.; HANEGRAAF, M.; AGTERBERG, G.; HASSINK, J.; NOORDWIJK, M. van. Decomposition rates of legume residues and N mineralization in an ultisol in Lampung. **Agrivita**, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 75-86, 1992.
- HENDRIX, P. F.; BAKER, G. H.; CALLAHAM JUNIOR, M. A.; DAMOFF, G. A.; FRAGOSO, C.; GONZÁLEZ, G.; JAMES, S. W.; LACHNIGHT, S. L.; WINSOME, T.; ZOU, X. Invasion of exotic earthworms into ecosystems inhabited by native earthworms. **Biol Invasions**, [S.l.], v. 8, p. 1287-1300, 2006.
- INFOSTAT. Versión 2007. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2007.
- LAVELLE, P. Earthworm activities and the soil system. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 6, p. 237-251, 1988.
- LAVELLE, P.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; BROWN, G.; DESJARDINS, T.; MARIANI, L.; ROSSI, J. Soil organic matter management in the tropics: why feeding the soil macrofauna? **Nutrition Cycl. Agroecosyst**, [S.l.], v. 61, p. 53-61, 2001.
- LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LOPEZ-HERNANDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship of between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Eds.). **The biological management of tropical soil fertility**. New York: J. Wiley & Sons, 1994. p. 137-169.
- LEE, K. E. **Earthworms their ecology and relationships with soils and land use**. Canberra: Academic, 1985.
- MÄDER, P.; PFIFNER, L.; FLIESSBACH, A.; LÜTZOW, M. von; MUNCH, J. C. Soil ecology: the impact of organic and conventional on soil biota and its significance for soil fertility. In: IFOAM INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, 11., 1996. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1996.
- MARTIUS, C.; HÖFER, H.; GARCIA, M.; RÖMBKE, J.; FÖRSTER, B.; HANAGARTH, W. Microclimate in agroforestry systems in central Amazonia: does canopy closure matter to soil organisms? **Agroforestry Systems**, [S.l.], v. 60, p. 291-304, 2004.
- MERINO, J. F. Las lombrices de tierra en Costa Rica, importáncia agroecológica. In: CONGRESSO NACIONAL AGRONÔMICO, 10.; CONGRESSO DE SUELOS, 2., 1996. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1996. p. 81-87.
- ORTIZ-CEBALLOS, A. I.; FRAGOSO, C. Earthworm populations under tropical maize cultivation: the effect of mulching with velvetbean. **Biology Fertility Soils**, Berlin, v. 39, p. 438-445, 2004.
- PASHANASI, B.; LAVELLE, P.; ALEGRE, J.; CHARPENTIER, F. Effect of the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* on soil chemical characteristics and plant growth in a low-input tropical agroecosystem. **Soil Biology Biochemistry**, Elmsford, v. 28, p. 801-810, 1996.
- SÁNCHEZ-DE-LEÓN, S. de Y.; MELO, E.; SOTO, G.; JOHNSON-MAYNARD, J.; LUGO-PÉREZ, J. Earthworm populations, microbial biomass and coffee production in different experimental agroforestry management systems in Costa Rica. **Caribbean Journal of Science**, [S.l.], v. 42, p. 397-409, 2006.
- SENAPATI, B. K.; LAVELLE, P.; GIRI, S.; PASHANASI, B.; ALEGRE, J.; DECAENS, T.; JIMENEZ, J. J.; ALBRECHT, A.; BLANCHART, E.; MAHIEUX, M.; ROSSEAU, L.; THOMAS, R.; PANIGRAHI, P. K.; VENKATACHALAM, M. Soil earthworm technologies for tropical agroecosystems. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Eds.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. New York: CABI, 1999. p. 199-237.
- SHEU, S. Changes in the lumbricid coenosis g secondary sucession from a wheat field to a beechwood on limestone. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 24, p. 641-1646, 1992.
- TIAN, G.; BRUSSAARD, L.; KANG, B. T.; SWIFT, M. J. Soil fauna-mediated decomposition of plant residues under constrained environmental and residue quality conditions. In: CADISH, G.; GILLER, K. E. (Eds.). **Driven by nature: plant litter quality and decomposition**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 125-134.
- WESTERNACHER-DOTZLER, E. Earthworms in arable land taken out of cultivation. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 24, p. 673-1675, 1992.