

# Ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná, Brasil<sup>1</sup>

Klaus D. Sautter; George G. Brown; Amarildo Pasini; Norton P. Benito;  
Daiane H. Nunes; Samuel W. James

## Resumo

Neste trabalho apresentamos o atual conhecimento da ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná. Das 55 espécies conhecidas no Estado, 20 são exóticas e 35 nativas, principalmente da família Glossoscolecidae (23 spp.) e Ocnerodrilidae (10 spp.). As exóticas pertencem principalmente às famílias Megascolecidae (7 spp.) e Acanthodrilidae (6 spp.). As nativas têm distribuição mais restrita, enquanto as exóticas e as peregrinas (por ex., *Pontoscolex corethrurus*), são encontradas em muitos locais. Considerando o pequeno número de coletas realizadas até o momento no Paraná, presupõe-se que ainda existam muitas espécies novas a serem descobertas nos diversos ecossistemas (principalmente nativos). Vários estudos ecológicos, incluindo quantificação da população de minhocas em diferentes ecossistemas nativos e agroecossistemas já foram realizados no Estado; verificou-se, geralmente, maiores abundâncias de minhocas nos sistemas de preparo reduzido de solo, nas pastagens e na semeadura direta, em relação ao preparo convencional, provavelmente devido à maior quantidade de alimento e menor perturbação física nos sistemas conservacionistas. Algumas espécies nativas sobrevivem em agroecossistemas (onde as exóticas geralmente predominam), mas normalmente elas estão restritas aos ecossistemas naturais com vegetação nativa (florestas primárias e secundárias, campos nativos), porém com abundância baixa. Muitas espécies nativas habitam solos encharcados (famílias Glossoscolecidae, Ocnerodrilidae e Almidae), e algumas são coletadas e vendidas para pescadores, uma atividade que ainda precisa ser regulamentada no Estado (e no País). Alguns ensaios e observações de campo têm sido realizados, sobre o efeito de minhocas introduzidas (principalmente do gênero *Amynthas*) na produtividade vegetal e nas propriedades físicas do solo; demonstrou-se a importância das espécies exóticas sobre os processos edáficos, alertando para a necessidade de mais estudos sobre o assunto, envolvendo não só exóticas, mas também espécies nativas do Estado, que podem estar fornecendo importantes serviços ambientais em diversos ecossistemas do Paraná.

## Abstract

This chapter presents the current state of the art of the knowledge on earthworm ecology and biodiversity in the state of Paraná, Brazil. Of the 55 known species of earthworms, 20 are exotic and 35 are native species, mostly in the families Glossoscolecidae (23 spp.) and Ocnerodrilidae (10 spp.). The exotics belong mainly to the Megascolecidae (7 spp.) and Acanthodrilidae (6 spp.) families. Native species were found at only a few, generally restricted sites, while exotics and peregrine species (e.g., *Pontoscolex corethrurus*) were found in many sites. Given the relatively low collection effort for the state, it is likely that many more new species still to be found inhabit the soils of the diverse (especially natural) ecosystems of Paraná. Various ecological studies, including many quantitative estimates of earthworm populations have been performed in natural and agroecosystems in Paraná (annual cropping, pastures and forests). These have generally shown higher abundances in reduced- or no-tillage agroecosystems and pastures, compared with conventionally tilled

<sup>1</sup> Trabalho ampliado e atualizado de Sautter et al. (2006).



systems, probably due to the higher amount of available food resources and lower disturbance in the former ecosystems. A few of the native species survive and can be found in agroecosystems (where exotics generally dominate), but most are restricted to the native, natural vegetation (primary or secondary forest, grasslands), where their abundance is generally low. Many of the native species in Paraná live in chronically wet soils (Glossoscolecidae, Ocnerodrilidae and Almididae families); some of these are harvested for the bait industry, which still must be regulated in the state (and country). A few experiments and field observations have also addressed the effect of introduced earthworm species (mainly *Amyntas* spp.) on plant production and on soil physical characteristics, among others. These have shown the major effects that these exotics can have on soil processes, and highlight the need for further research on the topic, not only using exotics, but also some of the important native species that may also be providing important services to various ecosystems in Paraná.

## Introdução

Localizado na Região Sul do Brasil, o Estado do Paraná (PR) compreende uma área de 199.324 km<sup>2</sup>, perfazendo cerca de 2,3% da área do Brasil. Em 1999 sua população era de 9.375.592 habitantes (5,7% do Brasil), sendo 80% na área urbana e 20% na rural. Em 1996, os estabelecimentos rurais ocupavam 159.466 km<sup>2</sup>, cerca de 80% da superfície do PR. Estado eminentemente agropecuário, o PR possui cerca de 55.000 km<sup>2</sup> cobertos com lavoura (27,5% da área total), 67.000 km<sup>2</sup> cobertos com pastagens (33,5% da área total) e 28.000 km<sup>2</sup> cobertos com florestas (14% da área total). Em 1999, a produção agropecuária total do PR atingiu cerca de 50 milhões de toneladas.

O PR tem diversos tipos de vegetação, incluindo a Mata de *Araucaria angustifolia* (centro, sul, norte e sudoeste), os Cerrados (nordeste), as restingas (litoral), o campo nativo (centro-sul) e a Mata Atlântica (litoral, norte e sudoeste). O mais importante desses é a Mata Atlântica, considerada um "hot-spot" de biodiversidade.

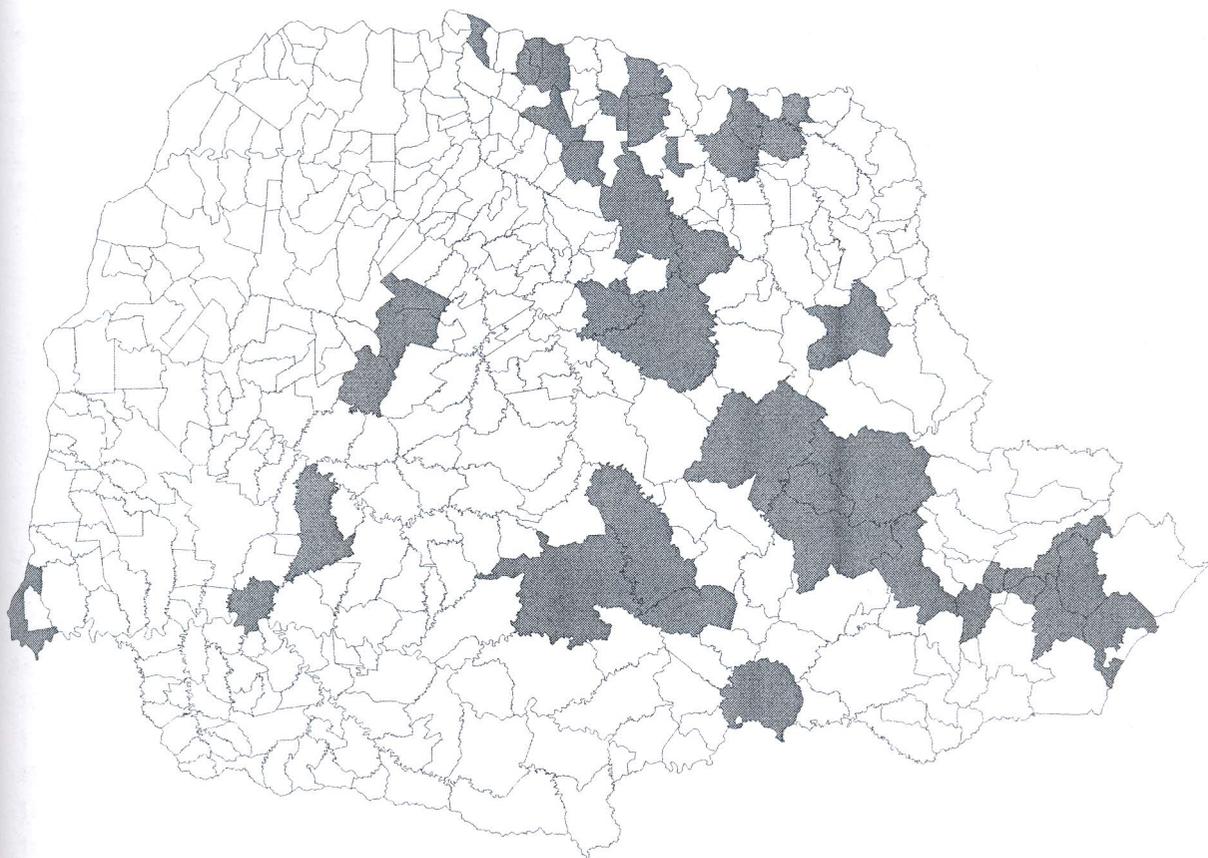
Os solos predominantes no PR são os Latossolos, Cambissolos, Neossolos e Podzólicos. No norte do PR, a temperatura média anual está acima de 20°C e no sul, entre 16 e 18°C. Ocorre o inverso com a pluviosidade, sendo esta maior no

sul (acima de 1800 mm ano<sup>-1</sup>) e menor no norte (abaixo de 1800 mm ano<sup>-1</sup>).

## Oligoquetos no Paraná - Estudos taxonômicos

Até o presente, não existem coleções formais de oligoquetos no PR. Porém, exemplares preservados podem ser encontrados em diversas instituições como as Universidades Estaduais de Londrina e Maringá, a Universidade Federal do Paraná, a Embrapa Soja e a Embrapa Florestas. Uma busca preliminar no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (USP) (incluindo a coleção do Dr. Gilberto Righi), considerada a maior coleção de oligoquetos no Brasil, revelou apenas quatro registros de coleta no PR, porém com exemplares ainda não identificados. Até 2002, poucas coletas de minhocas haviam sido realizadas no PR e apenas 10 espécies eram conhecidas oficialmente: as exóticas (espécies não nativas ao Brasil) *Amyntas corticis*, *A. gracilis*, *A. morrisi*, *Pheretima darnleiensis*, *Metaphire californica* e *M. schmardae* (Voss, 1986; Chang, 1997) e as espécies nativas *Rhinodrilus duseni* (Michaelsen, 1918), *Pontoscolex corethrurus*, *Glossoscolex bergi* e *G. matogrossensis* (Zicsi & Csuzdi, 1987). O conhecimento da biologia e a importância das minhocas nos ecossistemas paranaenses também eram escassos. Portanto, para estimular o conhecimento da biodiversidade e importância das minhocas como bioindicadoras ambientais e da fertilidade do solo, foi iniciado, em 2003, um inventário extensivo das espécies de minhocas do PR como parte do projeto "Avaliação de populações de minhocas (Annelida: Oligochaeta) em sistemas agrícolas e naturais, e seu potencial como bioindicadores ambientais".

Na Figura 21.1 encontram-se os municípios onde minhocas foram coletadas até março de 2006, no PR. Os espécimes coletados estão depositados temporariamente na Embrapa Florestas, e posteriormente serão transferidos ao Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP). As coletas foram realizadas, até o momento, em 43 municípios. Entre abril e junho de 2006, visitou-se cerca de 30 municípios. O estudo taxonômico das amostras coletadas até março de 2005 resultou na identificação de 48 espécies de minhocas. Dessas, ≈25 são espécies novas (Tabela 21.1). No total, são conhecidas 55 espécies para o PR, sendo 35 espécies (64%) nativas (Tabela 21.1) e 20 espécies (36%) exóticas (Tabela 21.2).



**Figura 21.1.** Mapa do Estado do Paraná, com destaque (cinza) para os 43 municípios onde se coletaram minhocas, até março de 2005.

A constatação de espécies de minhocas com distribuição relativamente ampla nos estados ou países vizinhos ao PR (incluindo as exóticas *Eisenia fetida* e *Pontodrilus litoralis*, assim como as nativas *Andiorrhinus* n. sp. 4, *Andiorrhinus paraguayensis*, *Glossodrilus bresslaui*, *Glossoscolex catharinensis*, *G. colonorum*, *G. giganteus australis*, *G. truncatus*, *G. uruguayensis*, *G. vizottoi*, *G. wiengreeni*, *Fimoscolex inurus*, *F. sacii* e *Opisthodrilus borelli*), permite lançar a hipótese de que a diversidade no Estado possa atingir, facilmente, 71 espécies.

O número de espécies de certo grupo presente numa determinada região é, freqüentemente, controverso. As minhocas não são exceções. Fragoso (2001) estimou que o número de minhocas nos trópicos, seria de 20 espécies para cada 100.000 km<sup>2</sup>. Porém, estudos realizados para o Estado de São Paulo (Brown & James, 2006, 2007, ver cap. 22; Righi, 1999) revelaram a presença de 77 espécies conhecidas em 250 mil km<sup>2</sup>, o equivalente a 31 espécies para cada 100.000 km<sup>2</sup>. Se forem extrapoladas essas estimativas para o PR, teríamos 40 a 62 espécies de minhocas. Contudo, se for considerado: (a) que apenas uma pequena parte do PR foi amostrada até agora ( $\approx 11\%$  dos municípios); (b) que diversos habitats nativos, com

ecossistemas bastante diversificados, em várias regiões do PR, têm, ainda, que ser amostrados; (c) que o nível de endemismo das espécies nativas pode ser bastante alto, assim como observado no Estado de São Paulo (Brown & James, 2006, 2007, ver cap. 22; Righi, 1999) e no Brasil (James & Brown, 2006; ver cap. 20); (d) que já foram encontradas no PR, com um baixo esforço de coleta, 55 espécies; é bem provável que o número real seja muito maior que a estimativa mais alta (ou seja, 62 espécies). Esses fatos ressaltam a necessidade de estudos mais detalhados para conhecer a biodiversidade de minhocas no PR.

As minhocas exóticas mais difundidas no PR são as *Amynthas* (*A. gracilis* e *A. corticis*) e as *Dichogaster* spp., que se encontram em muitos municípios (Tabela 21.2). As espécies desses gêneros se concentram principalmente em locais próximos a habitações humanas, e estão associadas a áreas antrópicas, especialmente hortas, jardins e solos agrícolas. Durante as décadas de 1980 e 1990, alguns agricultores e pesquisadores constataram a invasão de minhocas do gênero *Amynthas* em novas áreas de cultivo, notadamente em campos com semeadura direta (ver Voss, 1986). A dúvida que se coloca nesta constatação é se há substitui-

**Tabela 21.1.** Espécies nativas de minhocas coletadas no Paraná, Brasil (dados atualizados de James & Brown, 2006).

Nº	Família Gênero e espécie	Localidades
<b>Ocnerodrilidae</b> .....		
1	<i>Belladrilus</i> n. sp. 1	Jaguapitã
2	<i>Belladrilus</i> sp. (não identif.)	Londrina
3	<i>Eukerria emete</i>	Londrina
4	<i>Haplodrilus michaelsoni</i>	Londrina
5	<i>Haplodrilus</i> n. sp. 1	Londrina
6	<i>Kerriona</i> n. sp. 1 <sup>1</sup>	Matinhos
7	<i>Kerriona</i> n. sp. 2	Antonina
	<i>Kerriona</i> sp. (não identif.)	Morretes
8	Ocnerodrilidae sp. 1	Jaguapitã
9	Ocnerodrilidae sp. 2	Centenário do Sul
10	Ocnerodrilidae sp. 3 (não identif.)	Ponta Grossa
	Ocnerodrilidae sp. (não identif.)	Guaraniaçu, Campo Mourão, Ortigueira, São Jerônimo da Serra
<b>Almidae</b> .....		
11	<i>Drilocrius</i> (?) n. sp. 1	Jaguapitã
12	<i>Drilocrius</i> (?) sp.	Bandeirantes
<b>Glossoscolecidae</b> .....		
13	<i>Andiorrhinus</i> n. sp. 2	Londrina, São Jerônimo
14	<i>Andiorrhinus</i> n. sp. 3	Ponta Grossa
	<i>Andiorrhinus</i> sp. (não identif.)	Curitiba, Faxinal, Ortigueira, Mauá, Irati, Campina Grande do Sul
15	<i>Fimoscolex</i> n. sp. 2	Jaguapitã
16	<i>Fimoscolex</i> n. sp. 3	Ponta Grossa
	<i>Fimoscolex</i> sp. (não identif.)	Londrina, Ponta Grossa
17	<i>Glossoscolex bergi</i> *	Foz do Iguaçu
18	<i>Glossoscolex matogrossensis</i> *	Foz do Iguaçu
19	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 3	Lupionópolis
20	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 4	Morretes
21	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 5	São Jerônimo
22	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 6	Antonina
23	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 7	São Jerônimo
24	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 8	Bandeirantes
25	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 10	Jaguapitã
26	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 12	Sertãoópolis, Londrina
27	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 14	Mauá, Ortigueira
28	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 16	Ortigueira
29	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 17	Ponta Grossa
30	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 18	Campina Grande do Sul, Curitiba
31	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 21	Lupionópolis, Londrina, Centenário do Sul
32	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 22	Itaguajé
33	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 23	Primeiro de Maio
	<i>Glossoscolex</i> sp. (não identif.)	Jaguapitã, Cafeara, Foz do Iguaçu
34	<i>Rhinodrilus duseni</i> *	Curitiba, Quatro Barras
35	<i>Urobenus brasiliensis</i>	Sertãoópolis, Londrina, Faxinal, Mauá, Antonina, Foz do Iguaçu, Campina Grande do Sul
	<i>Urobenus</i> sp. (não identif.)	Sertãoópolis, Londrina, São Jerônimo

<sup>1</sup> Encontrado em bromélias crescendo em cima de árvores e no chão da floresta. \* minhocuçu.

**Tabela 21.2.** Espécies exóticas e/ou peregrinas de minhocas coletadas no Paraná, Brasil (atualizado de James & Brown, 2006).

Nº	Família Gênero e espécie	Localidades
Megascolecidae.....		
1	<i>Amyntas aeruginosus</i>	Prudentópolis
2	<i>Amyntas corticis</i>	15 municípios
3	<i>Amyntas gracilis</i>	15 municípios
4	<i>Amyntas morrisi</i>	Curitiba, Castro
	<i>Amyntas</i> sp. (não identif.)	São Mateus do Sul, Centenário do Sul, Londrina, Primeiro de Maio, Tibagi, Guarapuava, Bandeirantes
5	<i>Metaphire californica</i>	Castro, Curitiba
6	<i>Metaphire schmardae</i>	Curitiba
7	<i>Pheretima darnleiensis</i>	Curitiba
Lumbricidae.....		
8	<i>Eisenia andrei</i>	Londrina, São Jerônimo da Serra
9	<i>Bimastos parvus</i>	Castro
Acanthodrilidae.....		
10	<i>Dichogaster affinis</i>	Jaguapitã, Arapoti
11	<i>Dichogaster annae?</i>	Ibiaci
12	<i>Dichogaster bolau</i>	Castro, Jaguapitã, Arapoti, Londrina
13	<i>Dichogaster saliens</i>	Jaguapitã, Cafeara
14	<i>Dichogaster gracilis</i>	Londrina, Cafeara
15	<i>Dichogaster</i> sp. ( <i>modigliani</i> )?	Arapoti
	<i>Dichogaster</i> sp. (não identif.)	Curitiba, São Jerônimo da Serra, Jataizinho, Londrina, Bela Vista do Paraíso, Campo Mourão, Carambeí, Cornélio Procópio
Eudrilidae.....		
16	<i>Eudrilus eugeniae</i>	Primeiro de Maio, Londrina
Glossoscolecidae.....		
17	<i>Pontoscolex corethrurus</i> <sup>1</sup>	20 municípios
Ocnerodrilidae.....		
18	<i>Eukerria eiseniana</i>	Jaguapitã, Cafeara
19	<i>Eukerria saltensis</i>	Jaguapitã
20	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i>	Jaguapitã

<sup>1</sup> Minhoca nativa ao Brasil, porém não originária do PR. Deve ser considerada como espécie peregrina.

ção das espécies nativas por *Amyntas* ou apenas invasão de nichos desocupados. Infelizmente, os dados coletados até o momento ainda não permitem resolver essa questão.

## Oligoquetos no Paraná - Estudos ecológicos

Na maioria dos estudos ecológicos efetuados no PR, as minhocas raramente foram identificadas em nível de espécie, com exceção das exóticas (*Amyntas* spp.). Diversas amostragens quantitativas foram realizadas, começando em 1979, em

vários ambientes, incluindo: culturas anuais (soja, milho, trigo, feijão, cobertura verde) em diferentes tipos de manejo (plantio direto = PD, cultivo mínimo = CM, preparo convencional = PC), pastagens e florestas (primárias e secundárias, *Eucalyptus* e *Pinus*). Coletas quantitativas foram feitas em pelo menos 22 locais em oito municípios do PR. Uma síntese desses dados pode ser encontrada em Brown et al. (2003; 2004) e no capítulo 20. A seguir, são apresentados apenas alguns exemplos e o resumo dos resultados mais relevantes desses estudos.

As amostragens foram realizadas usando principalmente o método de coleta manual, consistindo na retirada de minhocas de blocos de solo de 25 x 25 cm, até a profundidade de 30 ou 40 cm

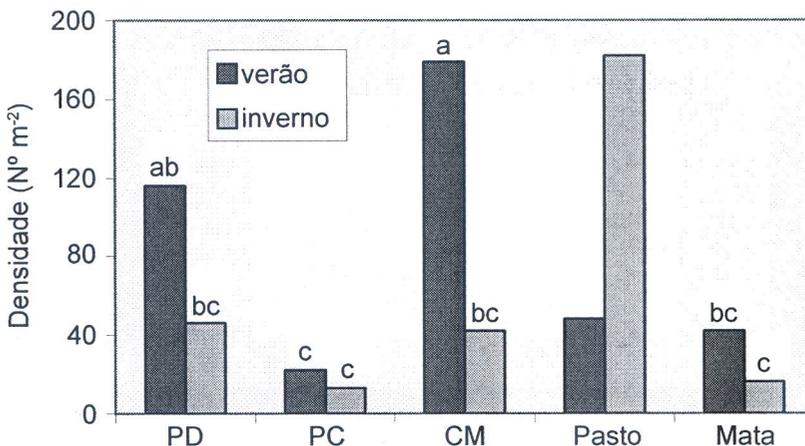
(Anderson & Ingram, 1993). Em todos os casos, as minhocas coletadas foram quantificadas e, em alguns casos, colocadas em recipientes com formol 4%, para conservação e posterior pesagem para a determinação da biomassa e a identificação das espécies.

Em geral, considerando os dados disponíveis das populações de minhocas em diferentes ecossistemas e regiões do PR, observou-se que as lavouras sob PD e CM apresentaram maiores populações de minhocas do que sistemas de PC. Na região de Londrina (Figura 21.2), encontrou-se maior número (8-240 indivíduos  $m^{-2}$ ) e biomassa (0,12-12,15 gr. peso fresco  $m^{-2}$ ) de minhocas em PD e CM que sob PC (0-42 indiv. e 0-1,63 gr. p.fr.  $m^{-2}$ ). Nas matas nativas e secundárias, as populações de minhocas foram ligeiramente superiores (16-52 indiv., 0,19-1,98 gr. p.fr.  $m^{-2}$ ) àquelas encontradas sob PC. De todos os sistemas estudados, as pastagens, no geral, apresentaram maiores populações e biomassa (33-189 indiv., 1,49 a 11,44 gr. p.fr.  $m^{-2}$ ) de minhocas (ver Nunes et al., 2007, cap. 26). Portanto, a presença de cobertura verde permanente tem efeito positivo importante na abundância de minhocas. Isso é devido, principalmente, à ausência de perturbação física do solo e o constante aporte de material orgânico, tanto na superfície como no interior do solo neste ecossistema. Diferenças entre os sistemas de cultivo (rotações vs. sucessão) também foram observadas em alguns casos, mas o pequeno número de amostras e repetições não permite, ainda, realizar generalizações a respeito.

Segundo Brown et al. (2004), na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, constatou-se uma

correlação positiva ( $R^2 = 0,45$ ;  $P < 0,05$ ,  $n = 11$ ) entre abundância (Figura 21.3) e biomassa de minhocas e o teor de C no solo. O aumento no teor de matéria orgânica no solo em decorrência do uso de boas técnicas de manejo tem sido freqüentemente associado à presença de maiores populações de minhocas (Hendrix et al., 1992; Zou & González, 2001). A matéria orgânica no solo e a palhada são as principais fontes de alimento das minhocas (Brown et al., 2000). Portanto, a adição de maior quantidade de matéria orgânica ao solo, como ocorre em sistemas de PD e àqueles com certos tipos de rotações (vs. cultivos seqüenciais), deve beneficiar as populações de minhocas. De fato, usando os dados de biomassa e densidade de minhocas coletadas na Embrapa Soja, juntamente com outros disponíveis para a região (Figura 21.4), Brown et al. (2003) obtiveram relação positiva entre esses fatores e o tempo de cultivo em PD ( $R^2 = 0,46$ ;  $P < 0,05$ ). Quando os locais com PC (contado como idade negativa de PD) foram adicionados, a correlação também foi positiva ( $R^2 = 0,49$ ;  $P < 0,01$ ). Portanto, a população de minhocas tende a aumentar com o aumento no tempo de adoção do PD e a diminuir com o aumento da idade do PC.

Comparando os resultados de áreas com CM e PC (Figura 21.2), observou-se que o escarificador, usado no CM, tende a ser menos prejudicial às minhocas que o arado de discos, utilizado no PC, devido à menor freqüência de uso e o menor volume de solo revolvido. A perturbação física intensiva do solo, associada ao PC ou a escarificações freqüentes (Foto 21.1), parece ser um fator determinante, reduzindo as populações de minhocas nos agroecossistemas do PR. Em várias ocasiões, não



**Figura 21.2.** Densidade de minhocas em diferentes ecossistemas na região de Londrina-PR, Brasil. PD = Plantio Direto; PC = Preparo Convencional (arado de discos); CM = Cultivo Mínimo (preparo com escarificador cada 3 anos); Pasto = Pastagem (*Brachiaria* sp.); Mata = Floresta estacional semidecídua nativa (secundária e primária). Dados médios de Brown et al. (2003).

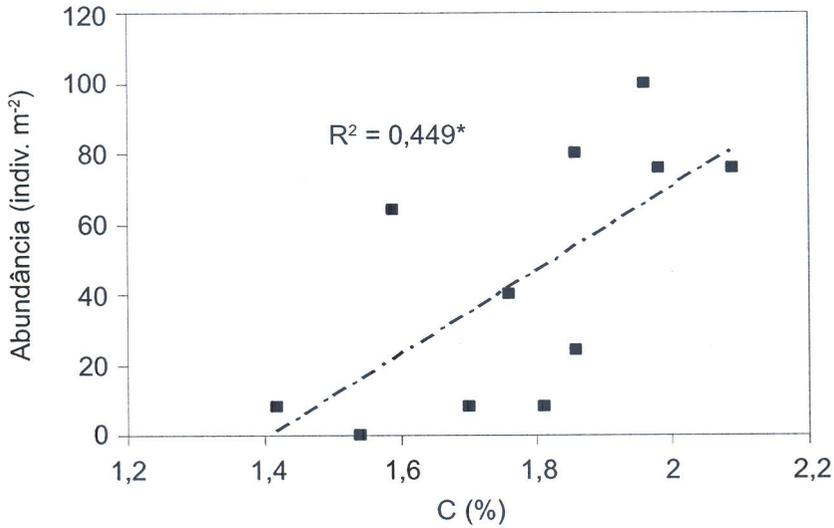


Figura 21.3. Abundância de minhocas em diversos experimentos de longa duração da Fazenda Experimental da Embrapa Soja, de acordo com o teor de C na camada superficial (0-10 cm) do solo (Brown et al., 2004). O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) foi significativo a  $p < 0,05$ .

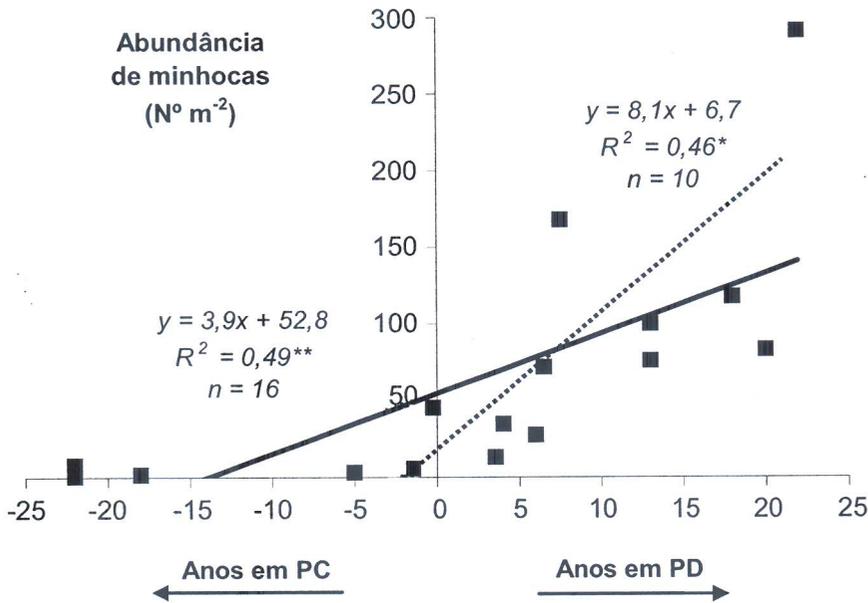


Figura 21.4. Efeito do tempo (anos) em PD (linha pontilhada) e PC+PD (linha completa) sobre as populações de minhocas (N° de indivíduos m<sup>-2</sup>) na região norte do Paraná, em amostragens tomadas no verão (significância do coeficiente de correlação,  $R^2$ : \* $P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ ) (redesenhado de Brown et al., 2003).

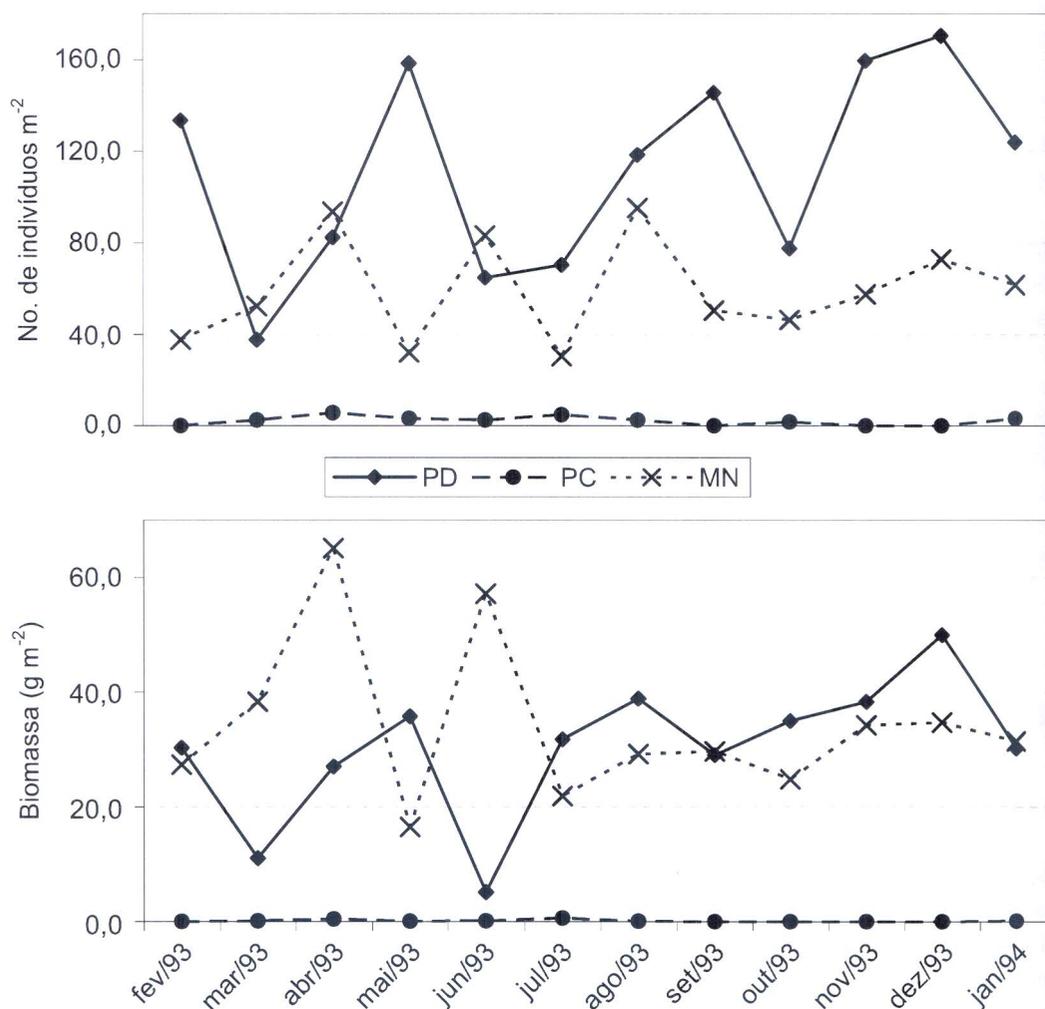
foram encontradas minhocas nas amostras de solo das parcelas em PC. Ao contrário, naquelas sob PD sempre havia mais que 50 indiv. m<sup>-2</sup>. A movimentação contínua do solo diminui o estoque de C no solo (menos alimento para as minhocas), expõe as minhocas à predação por pássaros e provoca altas taxas de mortalidade direta, pela mecanização bem como exposição à radiação solar e consequente desidratação (Paoletti, 1999). A aplicação de alguns agrotóxicos nas lavouras (inseticidas e alguns fungicidas), especialmente em sistemas convencionais

de produção, pode também afetar negativamente as populações de minhocas (Edwards & Bohlen, 1992).

Nas outras áreas estudadas no Leste e Sul do PR, observaram-se resultados similares, com maiores populações de minhocas em PD que em PC (Brown et al., 2003; Tanck et al., 2000; Voss, 1986, Mafra et al., 2003). Ao contrário do observado na região Norte (ver a seguir), a maioria das minhocas encontradas nestes sistemas era do gênero *Amyntas*.



**Foto 21.1.** Escarificação intensa de Latossolo Vermelho numa fazenda de produção orgânica em São Jerônimo da Serra. (Foto G.G. Brown)



**Figura 21.5.** Densidade populacional e biomassa de minhocas durante o período de um ano (1993-4), em diferentes sistemas de preparo do solo e em mata secundária com *Araucaria angustifolia*, na região de Carambeí-PR (fonte: Tanck, 1996). As minhocas foram retiradas usando o método de expulsão com formol diluído (1%). Nota: somente as *Amynthes* spp. foram coletadas. PD = Plantio direto; PC = Plantio convencional; MN = Mata nativa.

Por exemplo, Tanck et al. (2000) estudaram, durante um ano, a variação populacional das *Amyntas* spp. em agroecossistemas com PD e PC, em campo nativo e mata secundária com araucárias numa fazenda particular em Carambeí (Figura 21.5). Encontraram altas populações de minhocas no PD e na mata (40-170 indivíduos m<sup>-2</sup>), mas poucos exemplares no PC (0-6 indivíduos m<sup>-2</sup>) e nenhuma *Amyntas* spp. foi coletada no campo nativo.

Dionísio et al. (1995) estudaram as populações de *A. gracilis* em diferentes tipos de revegetação de áreas degradadas pela mineração de xisto a céu aberto, no município de São Mateus do Sul, e demonstraram que as maiores populações estavam em mata secundária, seguida por pastagens forrageiras em sucessão, *Eucalyptus viminialis* com 14 anos de idade e pastagens de gramíneas. *Eucalyptus* sp. com seis anos de idade e consórcio de *Eucalyptus* sp., bracatinga e acácia negra, não apresentaram minhocas.

Os agroecossistemas amostrados, tanto no Norte como no Sul do PR, tendem a ter apenas minhocas exóticas ou invasoras. No Norte do PR, encontram-se principalmente os gêneros *Dichogaster* e *Pontoscolex*, apesar de algumas espécies nativas dos gêneros *Andiorrhinus* (Foto 21.2), *Belladrilus*, *Glossoscolex* e *Fimoscolex* também estarem presentes, mas em densidades muito baixas. Nas matas nativas da região Norte, predominam as espécies nativas endogêicas e epigêicas (saprófagas), principalmente dos gêneros *Glossoscolex* e *Urobenus*, respectivamente. Ambos os gêneros não foram encontrados (ainda) nos sistemas cultivados, provavelmente em decorrência da movimentação do solo e/ou a ausência de uma densa e diversi-

ficada camada de serapilheira, necessária para a sobrevivência das espécies epigêicas.

Muitas das espécies nativas encontradas no PR vivem em solos encharcados. Essas espécies pertencem principalmente às famílias Almidae (gênero *Drilocrius*), Ocnerodrilidae (gêneros *Haplodrilus*, *Eukerria*, *Kerriona*) e Glossoscolecidae (gênero *Glossoscolex*). Algumas Ocnerodrilidae como as *Kerriona* spp. são encontradas nas bromélias (Foto 20.4, cap. 20), enquanto as Almidae vivem principalmente em brejos pouco perturbados e as *Glossoscolex* spp. podem ser encontradas em áreas desmatadas e bastante alteradas, por exemplo, num brejo dentro de uma pastagem (Itaguajé, Bandeirantes, Ibiaci) ou ao lado de uma lavoura de trigo (Foto 21.3). Essas minhocas especialmente adaptadas podem ter importantes influências nas propriedades físicas (Foto 21.4) e no fluxo de gases e água no perfil dos solos de seus habitats, que geralmente são anaeróbicos já nos primeiros centímetros de profundidade. Essa é uma área importante para futuros estudos ecológicos com minhocas no PR.

Outras espécies dos gêneros *Glossoscolex* e *Andiorrhinus* são frequentemente usadas como isca para pesca e algumas são comercializadas localmente. Em Itaguajé, foram encontradas grandes quantidades de *Glossoscolex* n. sp. 22 sendo vendidas em diversas casas. Os indivíduos são mantidos em baldes ou caixas de madeira contendo uma pequena quantidade do solo de origem (brejo), mas as condições inadequadas para a sobrevivência em longo prazo fazem com que muitos indivíduos não resistam e morram durante o período em que



**Foto 21.2.** Exemplar de uma nova espécie de *Andiorrhinus*, encontrada em algumas lavouras de soja e trigo na região de Faxinal e Mauá da Serra. (Foto G.G. Brown)



**Foto 21.3.** Área de brejo inundável circundada por áreas de lavoura de trigo e pastagens, que serve como refúgio para a espécie *Glossoscolex* n. sp. 7, nas imediações do Parque Estadual do Penhasco Verde (São Jerônimo da Serra). (Foto G.G. Brown)



**Foto 21.4.** Aspecto de um solo hidromórfico em Campina Grande do Sul, com galeria nova de *Glossoscolex* n. sp. 18 (A) e coprólitos velhos ocupados por raízes (B). (Fotos G.G. Brown)

são comercializadas (Foto 21.5). Em Foz do Iguaçu foi encontrada uma *Glossoscolex* sp., proveniente do Paraguai, sendo vendida num clube de pesca, testemunha do tráfico ilegal que ocorre através da fronteira Brasil-Paraguai (Foto 21.6). Essas atividades, apesar de ilegais, sustentam economicamente diversas famílias que, infelizmente, pouco se preocupam com o efeito de suas atividades predatórias sobre o ecossistema, bem como sobre as populações de minhocas e sua sobrevivência. Em vários locais, observou-se o dano ecológico efetuado pela retirada desses animais de seu hábitat (Foto 21.7) O solo completamente revolvido dessas áreas e as populações de minhocas podem levar muitos anos para se recuperar.

As espécies de minhocas encontradas nos agroecossistemas do norte do PR são, geralmente, muito pequenas, apresentando biomassa muito baixa. São exemplares normalmente menores que 5 cm de comprimento, das famílias Acanthodrilidae, Glossoscolecidae e Ocnerodrilidae (gêneros *Dichogaster*, *Fimoscolex* e *Belladrilus*, respectivamente). Somente em alguns locais (PD de São Jerônimo da Serra e pastagens de Jaguapitã), onde havia minhocas de maior tamanho (por exemplo, a espécie peregrina *P. corethrus*), a biomassa ultrapassou 10 gr m<sup>-2</sup>. Esses valores contrastam com aqueles encontrados em diversos ecossistemas na região leste do PR, onde predominam as *Amyntas* spp. Nesses locais, a biomassa de minhocas freqüentemente superou 20 g m<sup>-2</sup> sob PD, pastagens e mata secundária (Ressetti, 2004; Tanck et al., 2000) (Figura 21.5).



**Foto 21.5.** Bandeja com grandes quantidades do minhocucu *Glossoscolex* n. sp. 22 destinadas ao comércio, vendidas numa casa particular em Itaguajé, PR. (Foto G.G. Brown)



**Foto 21.6.** Minhocucu (*Glossoscolex* sp.) vendido em Foz do Iguaçu, PR, proveniente do Paraguai. (Foto S.W. James)



**Foto 21.7.** Aspecto de uma área de brejo, após a extração de minhocas da espécie *Glossoscolex* n. sp. 22, para venda como isca para pesca, na região de Itaguajé. (Foto G.G. Brown)

A pequena biomassa e o tamanho reduzido das minhocas parecem ser comuns, especialmente nas zonas mais quentes do PR, com solos oriundos do basalto (Latossolo Vermelho, Roxo e Terra Roxa Estruturada). Ainda é desconhecido porque existem poucas minhocas maiores nesses solos ou porque as *Amynthas* ainda não invadiram os Latossolos eutróficos da região. Diversas espécies de minhocas de tamanho individual maior, como *A. corticis*, *A. gracilis* ou *P. corethrurus*, já estão presentes, mas estão limitadas a áreas urbanas, onde são encontradas principalmente em jardins. Métodos de inoculação para estimular a colonização dessas espécies maiores nas lavouras da região devem ser investigados. Tais procedimentos poderiam gerar melhor aproveitamento dos benefícios físicos (galerias, buracos, coprólitos) e químicos (decomposição, mineralização, disponibilidade de nutrientes) da atividade dessas minhocas nos solos. Conseqüentemente, a produtividade das lavouras poderia ser beneficiada (Peixoto & Marochi, 1996; Brown et al., 1999).

Na Foto 21.8, pode-se observar os coprólitos de *Amynthas* spp. na área com PD de longa duração em Carambeí, estudada por Tanck et al. (2000). Esses coprólitos normalmente contêm maiores teores de nutrientes que o solo não ingerido, devido à ingestão preferencial de partículas mais ricas em argila e/ou matéria orgânica, as transformações ocorridas durante o trânsito in-



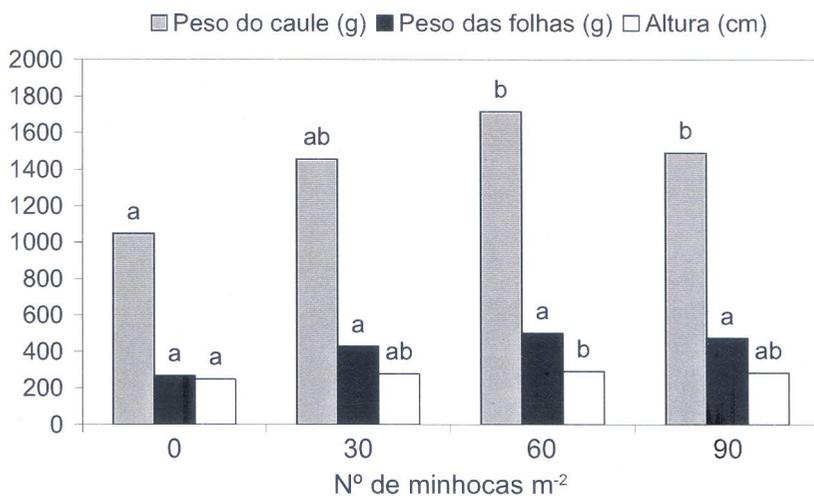
**Foto 21.8.** Coprólitos de *Amynthas* spp. em plantio direto, em Carambeí, onde foi realizado o trabalho de Tanck et al. (2000). (Foto G.G. Brown)

testinal e o acréscimo de N na forma de amônia nos coprólitos pela minhoca (Barois et al., 1999). A formação de coprólitos também tem efeitos na agregação e na porosidade do solo e a sua deposição na superfície cria um volume igual de poros dentro do solo, influenciando as propriedades hidráulicas.

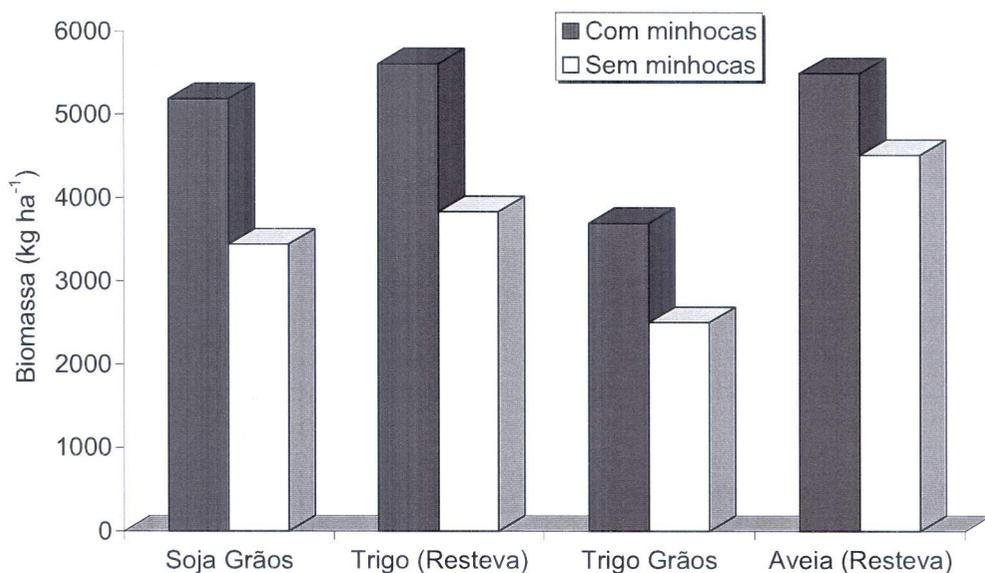
Assim sendo, Kobiyama et al. (1994) demonstraram como as *Amynthas* spp. influenciaram a condutividade hidráulica saturada e a porosidade total do solo até uma profundidade 30 cm. A atividade das minhocas aumentou a proporção de poros com diâmetro  $>0,06$  mm, aumentando dessa forma o tamanho médio dos poros e, com isto, melhorando a aeração e a condição do solo para as plantas. Portanto, mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella*) cresceram melhor na presença de minhocas, especialmente com inoculação de 60 *Amynthas* m<sup>-2</sup> (Figura 21.6).

Peixoto e Marochi (1996) mostraram como a invasão de *Amynthas* spp., em lavouras com PD na região de Arapoti-PR (Foto 21.9), proporcionou aumento na quantidade de macroagregados no solo, infiltração de água e a fertilidade do solo, promovendo assim, aumento de 51% no rendimento de grãos da soja e 47% do trigo, e 29% na massa seca da cobertura de aveia (Figura 21.7).

O fenômeno de recolonização com minhocas nas lavouras em PD, após o abandono do PC, em meados dos anos 70, deu origem ao nome do Clube da Minhoca, uma associação de produtores da região dos Campos Gerais (Ponta Grossa) que adotaram a semeadura direta (PD) como nova técnica de cultivo. As minhocas se tornaram, assim, o organismo símbolo do benefício do plantio direto ao solo, à produtividade e à sustentabilidade agrícola.



**Figura 21.6.** Peso do caule, das folhas e altura da brachiatinga (*M. scabrella*) após sete meses, na ausência de minhocas (Tratamento 0) e com inoculação de 30, 60 e 90 *Amyntas* spp. m<sup>-2</sup> (extraído de Kobiyama, 1994). Letras diferentes acima das barras indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, pelo teste de Duncan.



**Figura 21.7.** Biomassa de grãos da soja e trigo e massa seca do trigo e aveia, em áreas sob plantio direto invadidas ou não por minhocas *Amyntas* spp., na Fazenda Decolores, em Arapoti (Peixoto & Marochi, 1996).



**Foto 21.9.** *Amyntas* sp. em solo sob semeadura direta (PD), no local onde Peixoto & Marochi (1996) realizaram seu trabalho, na Fazenda Decolores em Arapoti. (Foto G.G. Brown)

## Perspectivas para o futuro

O PR contém uma grande diversidade de minhocas cujo número total de espécies ainda é desconhecido. Até o momento, foram catalogadas 55 espécies, das quais mais de 30 são novas. Contudo, apesar dos trabalhos realizados até o momento, é evidente que ainda são necessárias muitas pesquisas, particularmente sobre as espécies nativas do PR e sua importância agrônômica.

Pesquisas da Embrapa em parceria com a Unicenp (Curitiba) e a UEL estão sendo conduzidas, desde 2002, para avaliar a distribuição de espécies nativas e exóticas, identificar os minhocucos da região e as espécies sendo comercializadas para pesca. Pretende-se, com isso: a) identificar áreas onde as minhocas estão influenciando de maneira importante as características do solo e sua função; b) reconhecer áreas precisando atenção especial para avaliação da biodiversidade; c) buscar controlar a extração de minhocas de seus habitats naturais, promovendo, assim, a preservação ambiental e populações de minhocas nativas ameaçadas; d) avaliar o potencial das minhocas como bioindicadoras ambientais (Paoletti, 1999) no PR; e e) alertar as autoridades competentes, os agricultores, a comunidade científica e a população em geral sobre esses assuntos.

## Agradecimentos

G. Brown agradece o CNPq pelas bolsas concedidas e S. James agradece o Prodetab, IICA, CNPq, Fulbright Commission, NSF e a Embrapa pelo apoio. Os autores agradecem a colaboração de C. Rodríguez na identificação de algumas minhocas de Jaguapitã e o apoio e as licenças do IAP, IBAMA e diversas unidades de conservação do PR.

## Referências

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 1993.
- BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BROSSARD, M.; TONDOH, J.; MARTÍNEZ, M. A.; ROSSI, J. P.; SENAPATI, B. K.; ANGELES, A.; FRAGOSO, C.; JIMÉNEZ, J. J.; DECAËNS, T.; LATTAUD, C.; KANYONYO, J.; BLANCHART, E.; CHAPUIS-LARDY, L.; BROWN, G. G.; MORENO, A. G. Ecology of species with large environmental tolerance and/or extended distributions. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 57-85.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Earthworm biodiversity in São Paulo state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 145-149. 2006.
- BROWNG, G. G.; JAMES, S. W. Biodiversidade e biogeografia das minhocas no Estado de São Paulo, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 22.
- BROWN, G. G.; BAROIS, I.; LAVELLE, P. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. **European Journal of Soil Biology**, v. 36, 177-198, 2000.
- BROWN, G. G.; PASHANASI, B.; VILLENAVE, C.; PATRÓN, J. C.; SENAPATI, B. K.; GIRI, S.; BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; BLAKEMORE, R. J.; SPAIN, A. V.; BOYER, J. Effects of earthworms on plant production in the tropics. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, p. 87-147, 1999.
- BROWN, G. G.; BENITO, N. P.; PASINI, A.; SAUTTER, K. D.; GUIMARÃES, M. F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná State, Brazil. **Pedobiologia**, v. 47, 764-771, 2003.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; SAUTTER, K. D.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; NUNES, D. H.; KORASAKI, V.; SANTOS, E. F. dos; MATSUMURA, C.; MARTINS, P. T.; PAVÃO, A.; SILVA, S. H. da; GARBELIN, G.; TORRES, E. Avaliação das populações e de minhocas como bioindicadores ambientais no Norte e Leste do Estado do Paraná (03.02.5.14.00.02 e 03.02.5.14.00.03). In: SARAIVA, O. F. (Org.). **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja - 2003: manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 33-46. (Embrapa Soja. Documentos, 253).
- CHANG, Y. -C. Minireview: natural history of *Amyntas hawayanus* (Rosa, 1891). **Acta Biologica Paranaense**, Curitiba, v. 26, p. 39-50, 1997.
- DIONÍSIO, J. A.; TANCK, B. C. B.; SANTOS, A.; SILVEIRA, V. I.; SANTOS, H. R. Avaliação da população de oligochaeta (terrestres) em áreas

- degradadas. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 13, p. 35-40, 1995.
- EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. J. The effects of toxic chemicals on earthworms. **Reviews in Environmental Contamination and Toxicology**, v. 125, p. 23-99, 1992.
- HENDRIX, P. F.; MUELLER, B. R.; BRUCE, R. R.; LANGDALE, G. W.; PARMELEE, R. W. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont, USA. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1357-1361, 1992.
- FRAGOSO, C. Las lombrices de tierra de México (Oligochaeta; Annelida): diversidad, ecología y manejo. **Acta Zoologica Mexicana**, p. 131-171, 2001. Nueva série, Nº especial 1.
- JAMES, S. W.; BROWN, G. G. Earthworm ecology and diversity in Brazil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI, 2006. p. 56-116.
- KOBIYAMA, M. **Influência da minhoca louca (*Amyntas spp. Rosa, 1891*) sobre o movimento da água no solo, relacionado ao crescimento da bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.)**. 1994. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- KOBIYAMA, M.; BARCIK, C.; SANTOS, H.R. Influência da minhoca (*Amyntas hawayanus*) sobre a produção de matéria seca de Bracinga (*Mimosa scabrella* Benth). **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 13, 199-203, 1994.
- MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; MEDEIROS, J. C.; ROSA, J. D.; FONTOURA, S. M. V.; COSTA, F. S.; BAYER, C. Manejo do solo e fauna edáfica em experimento de longa duração na região de Guarapuava, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19., 2003. Ribeirão Preto. **Resumos...** 1 CD-ROM
- MICHAELSEN, W. Die Lumbriciden. **Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik**, v. 41, p. 1-398, 1918.
- NUNES, D.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; BROWN, G. G. Minhocas como bioindicadoras da qualidade ambiental: um estudo de caso na região de Jaguapitã-PR, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 26.
- PAOLETTI, M. G. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 137-155, 1999
- PEIXOTO, R. T.; MAROCHI, A. I. A influência da minhoca *Pheretima* sp. nas propriedades de um latossolo vermelho escuro álico e no desenvolvimento de culturas em sistema de plantio direto, em Arapoti-PR. **Revista Plantio Direto**, v. 35, p. 23-25, 1996.
- RESSETTI, R. R. **Determinação da dose de alil isotiocianato em substituição à solução de formol na extração de Oligochaeta edáficos**. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- RIGHI, G. Oligochaeta. In: BRANDÃO, C. R.; CANCELLO, E. M. (Ed.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX**. 5. Invertebrados Terrestres. São Paulo: FAPESP, 1999. p. 13-21
- SAUTTER, K. D.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; PASINI, A.; NUNES, D. H.; BENITO, N. P. Present knowledge on earthworm biodiversity in the State of Paraná, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 296-300. 2006.
- TANCK, B. C. B. **Flutuação populacional do Oligochaeta edáfico *Amyntas spp. (Kinberg, 1867)* em quatro ecossistemas, através de dois métodos de extração**. 1996. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- TANCK, B. C. B.; SANTOS, H. R.; DIONÍSIO, J. A. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional do oligoqueta edáfico *Amyntas spp.* **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 409-415, 2000.
- VOSS, M. Populações de minhocas em diferentes sistemas de plantio. **Plantio Direto**, v. 4, p. 6-7, 1986.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C. Neue und bekannte Glossoscoleciden-Arten aus Südamerika. 2. Oligochaeta: Glossoscolecidae. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 33, p. 269-275, 1987.
- ZOU, X.; GONZÁLEZ, G. Earthworms in tropical tree-plantations: effects of management and relations with soil carbon and nutrient use efficiency. In: REDDY, M.V. (Ed.). **Management of tropical plantation forests and their soil litter system: Litter biota and soil nutrient dynamics**. Enfield: Science Publishers, 2001. p. 289-301.