



A VIDA DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO MACRO, MICRO E MESOFAUNA, SUAS FUNÇÕES E IMPORTÂNCIA

George G. Brown¹, Amarildo Pasini², Lenita J. Oliveira³, Vanesca Korasaki²,
Klaus D. Sautter⁴, Sabrina D. Pereira², Eleno Torres³

INTRODUÇÃO

Muito mais do que um simples substrato para a produção de plantas e alimentos para os seres humanos e a vida na terra, o solo é um ente vivo, contendo milhares de animais e microorganismos e complexas teias tróficas em cuja base normalmente estão as raízes, a serapilheira e a matéria orgânica do solo. A fauna edáfica inclui organismos que variam em tamanho, desde alguns micrometros (microfauna) até mais de 2 metros de comprimento (macrofauna), e cujos ciclos de vida variam de alguns dias até mais de 10 anos. Essas características geram diversas dificuldades técnicas para o estudo da comunidade edáfica e fazem com que não exista para nenhum local ou ecossistema no mundo, uma avaliação completa de todos os animais presentes, sua biodiversidade e suas populações.

A microfauna inclui os rotíferos, tardígrados, nematóides e protozoários, pequenos animais que vivem dentro da lâmina aquática do solo, sobrevivem geralmente pouco tempo (com exceção dos que produzem cistos) e se alimentam essencialmente de outros animais, raízes das plantas (parasitas/predadores) e de microorganismos (bactérias, fungos, actinomicetos). A mesofauna inclui organismos maiores como os ácaros, colêmbolos, diplura, protura, enquitreídeos, sílfios, e outros animais que se alimentam principalmente de matéria orgânica em decomposição, outros animais menores (especialmente nematóides e protozoários) e microorganismos. A macrofauna inclui mais de 20 grupos taxonômicos (por ex.: minhocas, cupins, formigas, centopéias, piolhos de cobra, baratas, tesourinhas, grilos, caracóis, escorpiões, pseudo-escorpiões, percevejos, cigarras, tatuzinhos, traças, larvas de mosca e de mariposas, larvas e adultos de besouros) que podem ser consumidores de solo (geófagos), matéria orgânica do solo (humívoros), serapilheira (detritívoros), madeira (xilófagos), raízes (rizófagos),

¹ Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira km 111, C.P. 319, Colombo, PR, Brasil, 83411-000. E-mail: brownng@cnpf.embrapa.br

² Engenheiros Agrônomos, Professor, aluna de mestrado e bolsista de IC (graduação) do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, C.P. 6001, Londrina-PR, 86051-970, Brasil.

³ Engenheiros Agrônomos, Pesquisadora e Pesquisador aposentado da Embrapa Soja, C.P. 231, Londrina-PR, 86001-970, Brasil.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Professor da Universidade Positivo, Rua Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza N° 5300, Curitiba-PR, 81280-330, Brasil.

outros animais (predadores, parasitas, necrófagos) e fungos (fungívoros).

O sistema de Plantio Direto (PD), amplamente adotado no Brasil e especialmente no Estado do Paraná, promove maior proteção do solo, com menos perturbação física, cobertura vegetal superficial quase constante e maior adição de resíduos e matéria orgânica ao solo (alimento para a cadeia trófica). Nesse sistema, portanto, as populações de organismos edáficos, tanto benéficos como pragas podem aumentar (Brown *et al.*, 2002; Oliveira *et al.*, 2005). Conhecer as comunidades da fauna do solo é uma etapa essencial na busca por um ótimo e sustentável manejo do solo que não somente conserva a biodiversidade, mas que também preserva o papel importante desses organismos no ecossistema. O conhecimento dos efeitos das práticas agrícolas, e de forma especial, do preparo do solo, nas comunidades da fauna do solo é razoavelmente bem conhecido (Gupta, 1994; El Titi, 2003); contudo, os efeitos da diversificada e complexa comunidade da fauna nas propriedades do solo e na produção vegetal continuam muito pouco conhecidos, especialmente nos trópicos. Para alguns organismos como as pragas do solo, existem estudos específicos, mas para a maioria da fauna, considerada de forma geral como benéfica ao solo e às plantas, existe pouca informação.

De fato, foi somente a partir do início dos anos 90, que se iniciou uma série de trabalhos e projetos sobre as populações da fauna do solo e minhocas em áreas com PD, em diversas regiões do país, principalmente por pesquisadores da Embrapa (Soja, Trigo, Agrobiologia, Cerrados, Roraima, Arroz e Feijão, Agropecuária Oeste) e por alunos e professores das universidades de Londrina (UEL), Curitiba (UFPR), Piracicaba (Esalq), Dourados (UFMS), Rio de Janeiro (UFRRJ), Santa Maria (UFSM), Goiânia (UFGo), Brasília (UNB) e Lages (UDESC).

MATERIAIS E MÉTODOS

Devido à sua diversidade de tamanhos, os diferentes membros da fauna do solo precisam ser estudados usando métodos diferentes. Para avaliar a microfauna, normalmente se usa pequenas quantidades de solo e diluições do mesmo para poder capturar e enumerar apenas uma pequena parte da grande abundância de animais presentes. Os resultados normalmente se expressam em animais por g de solo. Já a mesofauna normalmente é coletada a partir de pequenas amostras da serrapilheira ou de amostras do solo usando cilindros (normalmente de 10 cm de diâmetro) que são inseridos na camada superficial do solo (0-5 ou 0-10 cm) e posteriormente são progressivamente dessecados usando o calor gerado por lâmpadas em aparatos de Berlese ou Tullgren (Sautter *et al.*, 1991; Aquino *et al.*, 2006a). Alternativamente, tanto a meso como a macrofauna podem ser coletadas usando armadilhas de queda

(“pit-fall traps”) que capturam animais ativos na superfície do solo (Aquino *et al.*, 2006b), ou em sacos de Winkler que extraem a fauna de amostras da serapilheira. Contudo, o método mais comum de amostragem da macrofauna, normalmente, envolve coleta de amostras de solo de tamanho mínimo de 20 x 20 cm, até 20 ou 30 cm de profundidade, e triagem manual (Anderson e Ingram, 1993; Aquino, 2001). Outras formas de avaliar as populações de organismos específicos também são frequentemente utilizadas, por ex.: para insetos sociais (cupins e formigas), a contagem de ninhos e caminhos na superfície (Swift e Bignell, 2001), e para minhocas o uso de choques elétricos, vibração ou líquidos irritantes (formol, mostarda, vinagre, permanganato de potássio, cloro), que fazem com que elas subam à superfície do solo (Rabello e Brown, 2005).

Até o presente momento já foram realizadas amostragens comparando comunidades da macro e mesofauna do solo em PD e plantio convencional (PC) ou cultivo mínimo (CM) em pelo menos 20 locais no país (Aquino *et al.*, 2008), envolvendo uma ampla variedade de culturas agrícolas, tipos de solo, climas e biomas. Contudo, vários trabalhos estão publicados apenas em anais de congressos e ainda não estão disponíveis na literatura mais ampla (periódicos científicos). A seguir, analisamos alguns estudos de caso, mostrando resultados de dois ensaios de longo prazo (desde 1981 e 1988) onde foram feitas avaliações da macro e mesofauna do solo em sistemas de PD comparado com PC ou CM na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, em Londrina-PR, usando o método de coleta manual da macrofauna e extração da mesofauna com funis de Tullgren.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ensaio de longa duração existente desde 1988 encontrou-se maior diversidade de invertebrados no solo no sistema PD vs. PC e CM, com 55, 41 e 47 morfoespécies, respectivamente (amostragem de 2005). No PC se encontrou menor diversidade de espécies; nas amostragens realizadas nesse tratamento em 2001, não se encontraram cupins, moluscos, larvas de mariposa, pseudo-escorpiões e aranhas. Coleoptera (besouros) foi a ordem mais diversa (30 morfoespécies), com destaque no PD e CM. Os grupos saprófagos e geófagos como as milipéias, cupins e minhocas foram mais importantes no PD devido à maior disponibilidade de alimentos (resíduos vegetais, matéria orgânica do solo), e estes atraíram também um maior número de predadores (como as aranhas e centopéias), em comparação com o PC (Tabela 1). Já os enquitreídeos e besouros adultos, especialmente espécies fitófagas como a *Lagria villosa*

no PC. A abundância foi maior no PD que no PC, especialmente de saprófitas e geófagos. Quanto à mesofauna, observou-se uma população muito maior de ácaros e de colêmbolos no PD do que no PC ($n = 21$ e 5 vs. $n = 6$ e 1 indivíduos, respectivamente), especialmente na profundidade de 0-4 cm. Porém, na camada inferior (4-8 cm) não se observaram diferenças entre as populações no PD vs. PC. Em trabalhos nos Campos Gerais do Paraná, Sautter *et al.* (1999a,b) e Bzuneck e Santos (1991a,b,c), também encontraram um efeito positivo do PD em relação ao PC, sobre a população de colêmbolos Entomobryidae, Isotomidae, Sminthuroidea e Onychuridae e de ácaros oribatídeos e Cryptostigmata.

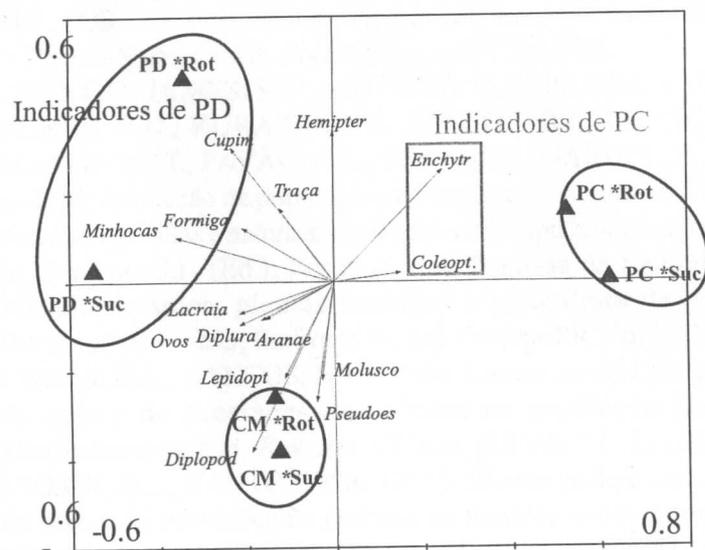


Figura 2. Representação gráfica dos dois primeiros eixos da análise de redundância, mostrando os grupos de macroinvertebrados edáficos e seu posicionamento segundo os tipos principais de manejo de solo e da cultura. Embrapa Soja, safra de verão, março de 2001 (soja). PD = plantio direto; CM = cultivo mínimo; PC = preparo convencional (arado de discos); Rot = rotação de culturas; Suc = sucessão de culturas. Nomes dos invertebrados: Diplopod = Diplopoda (milipéias, piolho de cobra); Pseudoes = Pseudoscorpionida; Lepidopt = Lepidoptera (larvas de mariposas); Laciaia = Chilopoda (centopéias); Coleopt. = Coleoptera (besouros adultos e larvas, corós); Enchytr = Enchytraeidae (pequenas Oligochaeta); Hemipter = Hemiptera (percevejos).

O preparo do solo com arado tem, portanto, na maior parte dos casos, um efeito negativo na fauna do solo, excetuando-se alguns grupos, que

aparentemente se adaptam bem às condições de perturbação do solo. A fauna concentra-se na superfície do solo no PD, e normalmente migra para horizontes mais profundos no PC, devido às diferenças microclimáticas (menor umidade na superfície, e falta de proteção superficial) do solo nesse sistema. Já o efeito da rotação de culturas sobre a fauna pode ser importante, mas é muito menor que o efeito do preparo do solo (Figura 2).

A adoção do PD e do CM levam, ao longo do tempo, a um aumento nas populações da fauna do solo, especialmente de organismos saprófitas, geófagos e predadores. A presença desses organismos é importante para o equilíbrio do ecossistema e a prevenção de surtos de pragas no PD (Oliveira *et al.*, 2005). Essas mudanças na comunidade edáfica podem também ter importantes conseqüências no funcionamento do ecossistema, priorizando teias tróficas fungívoras no PD e bacterívoras no PC (Hendrix *et al.*, 1986), o que se reflete na ciclagem e disponibilidade de nutrientes para as culturas, especialmente nitrogênio e fósforo. Portanto, a adoção do PD pode promover o estabelecimento e desenvolvimento da comunidade edáfica benéfica, melhorando o potencial produtivo do solo, com impactos desejáveis em seus atributos físicos, químicos e biológicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Embrapa Soja, UEL e CNPq, de diversos colegas da Embrapa, UEL e Wageningen, e de vários alunos de graduação e pós-graduação na coleta, identificação e processamento de dados.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.M., INGRAM, J.I. 1993. *Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods*. 2nd edition. CAB International, Wallingford, UK.
- AQUINO, A.M. 2001. Manual para coleta de macrofauna do solo. Documentos No. 130, Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ.
- AQUINO, A.M., CORREIA, M.E.F., BADEJO, M.A. 2006a. Amostragem de mesofauna edáfica utilizando funis de Berlese-Tullgren modificado. Circular Técnica No. 17, Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ.
- AQUINO, A.M., AGUIAR-MENEZES, E.L., QUEIROZ, J.M. 2006b. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda ("pitfall-traps"). Circular Técnica No. 18, Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ.
- AQUINO, A.M., CORREIA, M.E.F., ALVES, M.V. 2008. Biodiversidade de macrofauna edáfica no Brasil. In: Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O., Brussaard, L. (Eds.), *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. UFLA, Lavras-MG. Pp. 143-170.

- BROWN, G.G., BAROIS, I., LAVELLE, P. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.* 36: 177-198.
- BROWN, G.G., PASINI, A., BENITO, N.P., AQUINO, A.M., CORREIA, M.E.F. 2002. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems. In: *Proceedings of the International Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems*. UNU/CBD, Montreal, Canadá. CD-Rom, 20 pp.
- BROWN, G.G., BENITO, N.P., PASINI, A., SAUTTER, K.D., GUIMARÃES, M.F., TORRES, E. 2003. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná State, Brazil. *Pedobiologia*, 47: 764-771.
- BROWN, G.G., JAMES, S.W., SAUTTER, K.D., PASINI, A., BENITO, N.P., NUNES, D.H., KORASAKI, V., SANTOS, E.F., MATSUMURA, C.Y., MARTINS, P.T., PAVÃO, A.L., SILVA, S.H., GARBELINI, G., TORRES, E. 2004. Avaliação de populações de minhocas (Annelida: Oligochaeta) em sistemas agrícolas e naturais, e seu potencial como bioindicadores ambientais. In: Saraiva, O.F. (Ed.), Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja, 2003. Manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão. Série Documentos N° 253, Embrapa Soja, Londrina-PR. Pp. 31-52.
- BZUNECK, H.L., SANTOS, H.R. 1991a. Efeitos de dois sistemas de preparo do solo e de sucessões de culturas na população dos colêmbolos *Dicranocentrus* spp. *Rev. Set. Ci. Agr. (UFPR)* 11: 231-235.
- BZUNECK, H.L., SANTOS, H.R. 1991b. Efeitos de dois sistemas de preparo do solo e de sucessões de culturas na população dos ácaros Galumnidae (Cryptostigmata). *Rev. Set. Ci. Agr. (UFPR)* 11: 247-251.
- BZUNECK, H.L., SANTOS, H.R. 1991c. Efeitos de dois sistemas de preparo do solo e de sucessões de culturas na população dos ácaros Oribatulidae. *Rev. Set. Ci. Agr. (UFPR)* 11: 265-271.
- EL TITI, A. 2003. Effects of tillage on invertebrates in soil ecosystems. In: El Titi, A. (Ed.), *Soil tillage in agroecosystems*. CRC Press, Boca Raton, EUA. Pp. 261-342.
- GUPTA, V.V.S.R. 1994. The impact of soil and crop management practices on the dynamics of soil microfauna and mesofauna. In: Pankhurst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R., Grace, P.R. (Eds.), *Soil biota: management in sustainable farming systems*. CSIRO, East Melbourne, Australia. Pp. 107-124.
- HENDRIX, P.F., PARMELEE, R.W., CROSSLEY JR., D.A., COLEMAN, D.C., ODUM, E.P., GROFFMAN, P.M. 1986. Detritus food webs in conventional and no-tillage agroecosystems. *BioSci* 36: 374-380.
- HENDRIX, P.F., MUELLER, B.R., BRUCE, R.R., LANGDALE, G.W., PARMELEE, R.W. 1992. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont, U.S.A. *Soil Biol. Biochem.* 24: 1357-1361.
- OLIVEIRA, L.J. CAMPO, C.B.H., BROWN, G.G. 2005. Manejo de pragas de solo em soja: Aspectos gerais e pressupostos importantes. In: *Anais e Ata da IX Reunião Sul-Brasileira sobre Pragas de Solo*. Epagri-Estação Experimental de Itajaí, Itajaí-SC. Pp. 85-90.
- RABELLO, L.M., BROWN, G.G. 2005. Sistema eletrônico para extração de minhocas através de corrente elétrica. Circular Técnica No. 31, Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos-SP.
- SÁ, J.C.M. 1993. Manejo da fertilidade do solo no plantio direto. Fundação ABC, Ponta Grossa-PR.
- SAUTTER, K.D., SANTOS, H.R. 1991. Recuperação de solos degradados pela mineração de xisto, tendo como bioindicadores insetos da ordem Collembola. *Rev. Set. Ci. Agr. (UFPR)* 11: 85-91.
- SAUTTER, K.D., SANTOS, H.R., RIBEIRO JÚNIOR, P.J. 1999a. Comparação das comunidades de Entomobryidae e Isotomidae (Collembola) entre plantio direto em três níveis de fertilidade, plantio convencional e um ecossistema natural (campo nativo) em Ponta Grossa, Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 16: 117-124.
- SAUTTER, K.D., SANTOS, H.R., RIBEIRO JÚNIOR, P.J. 1999b. Comparação das comunidades de Sminthuroidea e Onychiuridae (Collembola) entre plantio direto em três níveis de fertilidade, plantio convencional e um ecossistema natural (campo nativo) em Ponta Grossa, Paraná, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 16: 125-131.
- SWIFT, M.J., BIGNELL, D.E. 2001. *Standard methods for assessment of soil biodiversity and land use practice*. ASB Lecture Notes 6B. ICRAF, Bogor, Indonésia.
- TER BRAAK, C.J.F., SMILAUER, P. 1998. *Canoco for Windows Version 4.0*. Wageningen University, Centre for Biometry, Wageningen, Holanda.
- ZOU, X., GONZÁLEZ, G. 2001. 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*. Science Publishers, Enfield, EUA. Pp. 289-301.