



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Fauna edáfica como indicadora de contaminação do solo

Cintia Carla Niva⁽¹⁾, Andressa Cristhy Buch⁽²⁾, Katy Boniza Cantelli⁽³⁾, Júlia Carina Niemeyer⁽⁴⁾, George Gardner Brown⁽⁵⁾

⁽¹⁾Pesquisadora pós-doutoranda; Laboratório de Biologia do Solo; PNPD/CNPq, Embrapa Florestas; Estrada da Ribeira Km 111, Colombo, PR, 83411-000, Caixa Postal 319; cintiacn@gmail.com; ⁽²⁾Doutoranda, Universidade de Coimbra, Portugal; andressabuch@hotmail.com; ⁽³⁾Mestre em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias; UFPR; Rua dos Funcionários 1540, Curitiba, PR, 80035-050; katy_cantelli@yahoo.com.br; ⁽⁴⁾Professora, UFBA, Rua Barão do Geremoabo, s/n - Instituto de Biologia - Lab. do Marenba, Ondina, Salvador, BA, 40170-290; juliacarina@yahoo.com.br; ⁽⁵⁾Pesquisador; Laboratório de Biologia do Solo; Embrapa Florestas; Estrada da Ribeira Km 111, Colombo, PR, 83411-000, Caixa Postal 319; browng@cnpf.embrapa.br

RESUMO – Recentemente, o solo tem se tornado foco de preocupação devido à gradativa contaminação de ambientes terrestres e aquáticos, decorrente do progresso e avanços sócio-econômicos no país. Diante dessa realidade, a demanda por atividades antrópicas menos agressivas ao ambiente é cada vez maior. Os possíveis impactos ambientais, portanto, devem ser monitorados, controlados e remediados, a fim de evitar problemas irreversíveis ao meio ambiente e à sociedade. A ecotoxicologia estuda os efeitos dos poluentes sobre os organismos e a interação destes com o habitat. Para se avaliar o impacto de uma substância no solo, ensaios ecotoxicológicos com metodologia padronizada internacionalmente podem ser realizados com invertebrados edáficos, tais como as minhocas, enquitreídeos e colêmbolos, por serem importantes na decomposição da matéria orgânica do solo. Esses ensaios de laboratório, no entanto, precisam ser adaptados, pois a metodologia padrão se baseia em espécies e condições de clima temperado que não condizem com a realidade do Brasil. Adaptações aos ensaios de efeito agudo (mortalidade), efeito crônico (reprodução) e de fuga (comportamento) têm sido estudados por vários grupos e os resultados têm sido positivos com relação ao uso do substrato com o pó da fibra da casca do côco e utilização de temperaturas maiores que 20°C. Algumas espécies encontradas no Brasil também têm sido testadas, algumas delas apresentando resultados promissores, outras, com limitações. De modo geral, os métodos para avaliação da contaminação do solo em laboratório têm apresentado avanços, entretanto, mais estudos se fazem necessários para o estabelecimento de espécies nativas recomendadas para cada tipo de ensaio.

Palavras-chave: Ecotoxicologia, bioindicador, invertebrados edáficos, contaminação

INTRODUÇÃO – Recentemente, o solo tem se tornado foco de preocupação devido à gradativa contaminação de ambientes terrestres e aquáticos,

decorrente do progresso e avanços sócio-econômicos. A intensificação da produção agropecuária é acompanhada de maior uso de agrotóxicos e, com a industrialização e urbanização, há também aumento na geração de resíduos frequentemente depositados no solo. Atualmente, o Brasil lidera a produção de vários produtos agropecuários no mundo, e o consumo de agrotóxicos cresceu 190% desde 2008, tornando o país o maior consumidor mundial (ABRASCO, 2012). Estima-se que, em 2011, o consumo tenha atingido 852 milhões de litros, correspondendo a mais de 4 litros de agrotóxico por habitante brasileiro. Ainda, segundo a ABRASCO (2012), 6,7 milhões de toneladas de fertilizantes químicos foram utilizados em lavouras brasileiras em 2011. Esse crescimento implica em cargas cada vez maiores de agrotóxicos e fertilizantes, aumentando os riscos de contaminação do solo e de águas superficiais e subterrâneas, especialmente se não forem tomadas medidas preventivas e remediativas.

O solo pode funcionar como filtro ou tampão e tem certa capacidade de autodepuração de substâncias nocivas, mas também possui limites e pode ter sua integridade prejudicada. O solo abriga e sustenta a maior diversidade de organismos do planeta (Giller, 1996), que pode ser afetada pelas substâncias nele depositadas. Centenas de milhares de espécies de invertebrados edáficos contribuem no processo de decomposição, triturando a matéria orgânica, melhorando o processo de mineralização e, conseqüentemente, na ciclagem de nutrientes e fluxo de energia do ecossistema (Eijsackers, 1994). Essas importantes funções no solo, consideradas serviços ambientais, tiveram um valor estimado em centenas de bilhões de dólares anuais (van der Putten et al., 2002). Contudo, o desconhecimento desses animais e a progressiva antropização, contaminação dos solos e alteração dos habitats naturais, contribuem negativamente para a manutenção desses serviços.

Um progresso econômico sustentável precisa de atividades antrópicas menos agressivas ao meio ambiente e, para tanto, seus possíveis impactos ambientais devem ser monitorados, controlados e remediados da melhor maneira, a fim de evitar problemas irreversíveis à saúde humana, ao meio ambiente e à

sociedade como um todo. A Ecotoxicologia é a ciência que estuda os efeitos dos poluentes nos organismos e como esses interagem com seus habitats (Zagatto & Bertoletti, 2008), incluindo estudos da distribuição e comportamento dos contaminantes no ambiente, o impacto do contaminante no ambiente, o impacto sobre o organismo e a inter-relação entre o organismo e o ambiente (Eijsackers, 1994). Portanto, lançando mão de métodos ecotoxicológicos, é possível avaliar danos já ocorridos (avaliação retrospectiva), prever impactos de uma substância sobre um ambiente (avaliação prospectiva) e também conhecer os riscos potenciais à fauna, flora e ao próprio homem.

Estudos a campo e laboratório podem avaliar efeitos diretos e indiretos sobre o ecossistema, comunidades, populações, indivíduos e até efeitos sobre a fisiologia e mecanismos bioquímicos dos seres vivos (Eijsackers, 1994). Na ecotoxicologia terrestre (do solo), microorganismos, invertebrados e plantas podem ser utilizados na avaliação do impacto de um contaminante sobre o ambiente. Nesta preleção, entretanto, abordaremos apenas o uso de invertebrados edáficos em estudos ecotoxicológicos, em especial, as minhocas, enquitreídeos e colêmbolos, por serem os animais mais comumente utilizados nesses testes.

Estudos de campo são mais realísticos para avaliação da contaminação do solo, porém, devido à grande variabilidade espacial e à interação entre os vários fatores bióticos e abióticos nessas condições, a implementação e condução dos experimentos e a interpretação dos resultados tornam-se complexos. Ensaio em laboratório, apesar de mais artificiais, geram resultados diretos e específicos do efeito de um determinado contaminante sobre uma população e permitem a manipulação de vários fatores com a finalidade de se prever possíveis impactos em condições de campo (Didden & Römbke, 2001). Dentre os ensaios de laboratório, protocolos-padrão (por exemplo, da ISO – International Organization for Standardization) utilizando minhocas, enquitreídeos e colêmbolos como bioindicadores da contaminação do solo têm sido desenvolvidos e amplamente utilizados em países de clima temperado. No Brasil, o ensaio de ecotoxicidade aguda (letalidade) com minhocas já é uma norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 15537: 2007) e este é um dos ensaios solicitados para o registro de novos agrotóxicos no Brasil, apesar de suas limitações. O ensaio de fuga (comportamento) (NBR/ISO 17512-1: 2011) e o ensaio de inibição da reprodução de colêmbolos (NBR/ISO 11267: 2011) foram traduzidos recentemente, e o ensaio que avalia o efeito sobre a reprodução de enquitreídeos (ISO 16387: 2004) está sendo traduzido pela Comissão de Estudo Especial de Análises Ecotoxicológicas da ABNT. No país, vários grupos têm utilizado ensaios ecotoxicológicos com invertebrados edáficos para determinar a ecotoxicidade de substâncias químicas, mas os métodos ainda necessitam ser adaptados para que gerem respostas mais realistas sobre a contaminação do solo, já que as normas internacionais podem não refletir as condições brasileiras.

Os ensaios padronizados da ISO preconizam a utilização de espécies de clima temperado, como a

minhoca *Eisenia fetida* e *E. andrei*, que podem ser pouco relevantes para regiões tropicais/subtropicais, além de serem espécies que habitam a liteira e não o solo propriamente. Os ensaios usando enquitreídeos e colêmbolos também preconizam espécies encontradas em regiões de clima temperado. Trabalhos recentes no Brasil têm testado espécies nativas de minhocas, enquitreídeos e colêmbolos em ensaios com adaptações ao substrato, temperatura e/ou tempo de exposição. Esses ensaios incluem avaliações com a minhoca mansa *Pontosclex corethrurus* (Müller, 1857), a minhoca louca *Amyntas gracilis* (Kinberg, 1867), a aninha verde *Dichogaster annae* (Horst, 1913) e a espécie padrão, a vermelha da Califórnia *E. andrei*, todas encontradas com facilidade no Brasil. E ainda, incluem também espécies de enquitreídeos coletadas no estado do Paraná (*Enchytraeus* sp) e um colêmbolo coletado no estado da Bahia (*Proisotoma minuta*).

Esses ensaios mostraram que *P. corethrurus* pode ser usada em testes ecotoxicológicos com o substrato padrão (solo artificial tropical, SAT), mas que os adultos precisam ser coletados no campo, já que a espécie é de difícil criação em laboratório, possuindo um ciclo de vida de aproximadamente um ano a 20 °C. Essa espécie mostrou sensibilidade similar à espécie padrão (*E. andrei*) quando testada com os agrotóxicos Carbofurano e Carbendazim. A *D. annae* e *A. gracilis* podem ser criadas em laboratório ou compradas no varejo, assim como *E. andrei*, mas as duas primeiras espécies possuem sensibilidade diferente aos agrotóxicos Carbendazim e Carbofurano que a espécie padrão *E. andrei*, quando avaliadas usando solo natural (Latosolo Vermelho). Além disso, *A. gracilis* não se adaptou ao SAT, sendo necessário realizar as avaliações em solo natural. Em contrapartida, *D. annae* não se adaptou ao solo natural, sendo necessário usar outro substrato para avaliar essa espécie.

Várias espécies de enquitreídeos já conhecidas, e também espécies novas, coletadas no estado do Paraná, estão sendo criadas na Embrapa Florestas. Dentre elas pelo menos duas têm potencial como organismos-testes em ensaios ecotoxicológicos, pois se reproduzem satisfatoriamente em SAT e em temperaturas mais altas (22 e 25 °C) preservando os critérios de validade exigidos pela norma ISO 16387 (ISO, 2004). No caso de *Enchytraeus buchholzi* Vejdovský, 1879 s.l., os resultados dos ensaios realizados com carbendazim (substância referência) em SAT demonstram boas perspectivas para o uso dessa espécie em ensaios de efeito sobre a reprodução (efeito crônico) com algumas adaptações, apresentando sensibilidade próxima ao da espécie *Enchytraeus crypticus* Westheide & Graefe, 1992, uma das mais usadas internacionalmente, sob as mesmas condições. Por outro lado, a sensibilidade para letalidade, apresentou-se muito menor do que o relatado na literatura nos ensaios adaptados.

Ensaio de fuga realizados com o colêmbolo *P. minuta* em solo natural contaminado com chumbo e temperatura alta (29 °C) também apresentam pontos positivos, pois os critérios de validade do ensaio com essa espécie foram preenchidos nas condições testadas.

Entretanto, essa espécie parece ser menos sensível que a espécie padrão *Folsomia candida* (Willem).

De modo geral, os métodos para avaliação da contaminação do solo em laboratório têm apresentado avanços nas adaptações dos ensaios ecotoxicológicos e uso de espécies nativas, entretanto, mais estudos são necessários para determinar as espécies mais adequadas para cada tipo de avaliação.

REFERÊNCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). ABNT NBR 15537. Ecotoxicologia terrestre – Ecotoxicidade aguda – Método de ensaio com minhocas. Rio de Janeiro. 2007.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). ABNT NBR ISO 11267 Qualidade do solo — Inibição da reprodução de *Collembola* (*Folsomia candida*) por poluentes do solo. Rio de Janeiro. 2011.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). ABNT NBR ISO 17512-1 Qualidade do Solo — Ensaio de fuga para avaliar a qualidade de solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento. Parte 1: Ensaio com minhocas (*Eisenia fetida* e *Eisenia andrei*). Rio de Janeiro. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SAÚDE COLETIVA. **Dossiê Abrasco**: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde: parte 1: agrotóxicos, segurança alimentar e saúde. Rio de Janeiro: World Nutrition, 2002. 98 p.

DIDDEN, W.; ROMBKE, J. Enchytraeids as indicator organisms for chemical stress in terrestrial ecosystems. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 50, p. 25-43, 2001.

EIJSACKERS, H. Ecotoxicology of soil organisms: Seeking the way through a pitch-dark labyrinth. In: Donker MH, Eijsackers, H. & Heimbach, F. (Eds) **Ecotoxicology of Soil Organisms** (pp 3–32). Lewis Publishers, Boca Raton, 1994.

GILLER, P.S. The diversity of soil communities, the 'poor man's tropical rainforest'. **Biodiversity & Conservation**, v. 5, p. 135-168, 1996.

VAN DER PUTTEN, W. H.; ANDERSON, J. M.; BARDGETT, R. D.; BEHAN-PELLETIER, V.; BIGNELL, D. E.; BROWN, G. G.; BROWN, V. K.; BRUSSAARD, L.; HUNT, H. W.; INESON, P.; JONES, T. H.; LAVELLE, P.; PAUL, E. A.; ST. JOHN, M.; WARDLE, D. A.; WOJTOWICZ, T.; WALL, D. H. The sustainable delivery of goods and services provided by soil biota. In: WALL, D. H. (Ed.). **Sustaining biodiversity and ecosystem services in soils and sediments**. San Francisco: Island Press, 2004. p.15-43.

ZAGATTO, P. A. & BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática – princípios e aplicações**. RIMA, São Carlos, 2008. 478p.