

## Importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados do solo





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agrobiologia  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Documentos 266**

## **Importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados do solo**

*Miriam de Oliveira Bianchi  
Maria Elizabeth Fernandes Correia  
Alexander Silva de Resende  
Eduardo Francia Carneiro Campello*

Embrapa Agrobiologia  
Seropédica, RJ  
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agrobiologia**

BR 465, km 7, CEP 23.851-970, Seropédica, RJ

Caixa Postal 74505

Fone: (21) 3441-1500

Fax: (21) 2682-1230

Home page: [www.cnpab.embrapa.br](http://www.cnpab.embrapa.br)

E-mail: [sac@cnpab.embrapa.br](mailto:sac@cnpab.embrapa.br)

**Comitê de Publicações**

Presidente: Norma Gouvêa Rumjanek

Secretária-Executivo: Carmelita do Espírito Santo

Membros: Bruno José Alves, Ednaldo da Silva Araújo, Guilherme

Montandon Chaer, José Ivo Baldani, Luis Henrique de Barros Soares

Revisão de texto: Mariella Camardeli Uzêda, Ednaldo Silva de

Araújo e Marco Antônio de Almeida Leal

Normalização bibliográfica: Carmelita do Espírito Santo

Tratamento de ilustrações: Maria Christine Saraiva Barbosa

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

Foto da capa: Maria Elizabeth Fernandes Correia

**1ª edição**

1ª impressão (2010): 50 exemplares

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Embrapa Agrobiologia**

---

B577 BIANCHI, Miriam de Oliveira

Importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados do solo. / Miriam de Oliveira Bianchi et. al. Seropédica:

Embrapa Agrobiologia, 2010. 32 p. (Embrapa Agrobiologia.

Série Documentos, 266).

ISSN: 1980-3075

1. Fauna do solo. 2. Toxicologia I. Correia, Maria

Elizabeth Fernandes. II. Resende, Alexander Silva de.

III. Campello, Eduardo Francia Carneiro. IV. Título. V.

Embrapa Agrobiologia. VI. Série.

CDD 23. Ed. 632.62

# **Autores**

**Miriam de Oliveira Bianchi**

Doutoranda em Agronomia - Ciência do Solo, UFRRJ.

**Maria Elizabeth Fernandes Correia**

Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia, BR 465,  
km 7, Seropédica, RJ, CEP 23890-000.

E-mail: [ecorreia@cnpab.embrapa.br](mailto:ecorreia@cnpab.embrapa.br)

**Alexander Silva de Resende**

Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, BR 465,  
km 7, Seropédica, RJ, CEP 23890-000.

E-mail: [alex@cnpab.embrapa.br](mailto:alex@cnpab.embrapa.br)

**Eduardo Francia Carneiro Campello**

Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, BR 465,  
km 7, Seropédica/RJ, CEP 23890-000.

E-mail: [campello@cnpab.embrapa.br](mailto:campello@cnpab.embrapa.br)



# Apresentação

As atitudes de usar com responsabilidade os recursos naturais (solo, água, ar, flora, fauna, energia), de preservar e conservar a natureza são cada vez mais necessárias para a sociedade moderna acarretando em uma busca constante por sistemas de produção agropecuários apoiados em princípios ecológicos e naturais.

Dentro desse cenário, a Embrapa Agrobiologia construiu o seu atual plano diretor de pesquisa, desenvolvimento e inovação (2008-2011), com a seguinte missão: “gerar conhecimentos e viabilizar tecnologias e inovação apoiados nos processos agrobiológicos, em benefício de uma agricultura sustentável para a sociedade brasileira”.

A série documentos nº 266 apresenta uma temática bastante atual quando descreve de forma sucinta e didática do que tratam os estudos de Ecotoxicologia em solos quando sujeitos ao contato com potenciais contaminantes. Os diversos resíduos decorrentes das atividades humanas são um problema cada vez mais presente em função do contínuo crescimento dos setores produtivos da sociedade. Muitos desses resíduos podem ser total ou parcialmente reaproveitados em outros processos agrícolas ou industriais, só para citar alguns exemplos. Porém, para utilizar estes materiais precisamos saber seus efeitos sobre os diferentes organismos vivos que passarão a entrar em contato com os resíduos e

possíveis contaminantes. Neste documento é feito um breve relato do que é esta nova ciência conhecida como Ecotoxicologia, como devem ser tomados cuidados ambientais antes de se liberar o uso de resíduos pela sociedade e como estes estudos, ainda em fase preliminar no Brasil podem ser úteis para determinar a aplicação e a liberação para resíduos para novos usos.

Esta publicação contém um material de leitura de interesse para estudantes, técnicos e pesquisadores que queiram ampliar seus conhecimentos sobre novas abordagens de que a ciência dispõe para monitorar e avaliar os impactos de diferentes produtos, principalmente nos ambientes terrestres e aquáticos.

*Eduardo Francia Carneiro Campello*  
Chefe Geral da Embrapa Agrobiologia

# Sumário

<b>Introdução .....</b>	<b>9</b>
<b>Caracterização e descrição dos principais testes .....</b>	<b>12</b>
Testes de fuga .....	14
Testes de toxicidade aguda .....	14
Testes de toxicidade crônica .....	15
<b>Perfil geral dos organismos teste - uma gama de opções ..</b>	<b>16</b>
Organismos do solo .....	18
Oligochaeta .....	18
Enchytraeidae .....	20
Collembola .....	20
Organismos aquáticos .....	21
Algas .....	21
Daphnia .....	21
<b>Considerações Finais .....</b>	<b>22</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>24</b>



# Importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados do solo

---

*Miriam de Oliveira Bianchi*  
*Maria Elizabeth Fernandes Correia*  
*Alexander Silva de Resende*  
*Eduardo Francia Carneiro Campello*

## Introdução

O aproveitamento de resíduos de mineração e industriais é uma tendência relativamente nova no cenário mundial, e muitos questionamentos estão sendo levantados, tanto pelo setor produtivo quanto por órgãos ambientais. Há uma forte demanda de ambos os setores por tecnologias e processos, tanto para tratamento de resíduos, como para monitoramento ambiental dos mesmos. No Brasil, não há exigência por parte dos órgãos ambientais do emprego de testes ecotoxicológicos com organismos de solo para avaliação de contaminação, que se baseia apenas em indicadores químicos. Contudo, a avaliação do comportamento e da toxicidade de um elemento ou composto no solo não deve basear-se exclusivamente em parâmetros químicos, mas é de suma importância que se incluam nessas investigações os parâmetros biológicos (Van STRAALEN, 2002), uma vez que a análise química dos compostos separadamente pode não representar seu comportamento no ambiente como um todo.

Sendo assim, Ramade (1977) define a Ecotoxicologia como a ciência que objetiva avaliar as formas e níveis de contaminação do ambiente que se dá por poluentes naturais ou sintéticos, produzidos por atividades humanas, bem como compreender seus mecanismos de ação e seus efeitos sobre o conjunto de seres vivos que habitam a biosfera. Esta, por sua vez, surge

através da aplicação de testes ecotoxicológicos como uma das estratégias mais comuns para a avaliação do modo de ação de substâncias tóxicas no ambiente.

A utilização de testes ecotoxicológicos para avaliação de contaminação de solos é reconhecida internacionalmente como uma ferramenta complementar à análise química (CROUAU e MOÏA, 2006). A ecotoxicologia, através desses testes, busca conhecer a conseqüência da liberação de substâncias químicas no ambiente, sobre os organismos nele existentes (CHASIN e PEDROZO, 2004), tendo por finalidade compreender, até que ponto, substâncias químicas, isoladas ou em forma de mistura, são nocivas a sistemas vivos, e como e onde seus efeitos se manifestam (KNIE e LOPES 2004), verificando através do monitoramento de efeitos letais, morfológicos, comportamentais, fisiológicos, citogenéticos e bioquímicos nos organismos expostos aos poluentes (NEUHAUSER et al., 1985).

Levando em conta a abrangência dos ensaios de toxicidade, estes podem ser realizados tanto sob condições controladas de laboratório como de campo. No caso de estudos realizados no campo, os resultados são mais próximos da condição real dos organismos, uma vez que se utilizam várias espécies e se leva em consideração as interações entre elas. Já os ensaios em laboratório se dão, normalmente, com uma única espécie sem considerar tais interações. Entretanto tem a vantagem do maior controle sobre os fatores externos e a possibilidade de padronização (CORTET et al., 1999; CARVALHO et al., 2009). Segundo Bertoletti (1989), o rigor na definição e padronização desses ensaios é fundamental para que se possa realizar o mesmo nível de controle de toxicidade, em diferentes corpos receptores e em efluentes com os mais diversos poluentes.

O procedimento padrão preconiza a utilização de um solo artificial como substrato para adição das substâncias tóxicas, a fim de eliminar possíveis interferências externas. Assim, um grande desafio que surge na adaptação dos métodos para a complementação da avaliação de áreas contaminadas diz respeito à substituição do substrato artificial pelas amostras de solos trazidas dessas áreas, a avaliação dos possíveis interferentes nos

resultados, bem como a escolha dos organismos-teste para amostras com determinadas características (SISINNO et al., 2006).

Além disso, os procedimentos para execução desses ensaios se dão tanto para organismos aquáticos quanto terrestres. Para os primeiros podem ser verificados protocolos descritos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), métodos padronizados de alguns órgãos de fiscalização ambiental, como a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente - RJ (FEEMA) e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - SP (CETESB), bem como a existência do Manual de Testes para Avaliação da Ecotoxicidade de Agentes Químicos, organizado pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (SISINNO et al., 2004), enquanto que ensaios com organismos de solo ainda não são bem desenvolvidos no Brasil e aqueles descritos no manual do IBAMA encontram-se desatualizados. Nesse caso faz-se menção às técnicas internacionalmente reconhecidas como as da ISO (*International Organization for Standardization*), OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*) e EPA (*Environmental Protection Agency - USA*) (SISINNO et al., 2004).

Como características gerais, os testes ecotoxicológicos já padronizados, apresentam como organismos testes algumas espécies de grupos representantes de ambientes terrestres como colêmbolos, minhocas e enquitreídeos, além de organismos aquáticos como algas, poliquetas, microcrustáceos e peixes. Uma premissa básica diz respeito aos critérios para utilização de determinada espécie, onde esta, por sua vez, deve ser de certa forma representativa dentro do ambiente que ocupa, ser sensível a uma ampla diversidade de agentes químicos e preferencialmente, ser abundante e de fácil cultivo e manipulação em laboratório (CARVALHO et al., 2009). Para o Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 1997), alguns critérios para a seleção de organismos teste estão relacionados à localização dentro da estrutura e funcionamento das biocenoses, a distribuição da espécie, o conhecimento da biologia, hábitos nutricionais e fisiologia, a estabilidade genética e uniformidade das populações, a

manutenção e cultivo em laboratório, a disponibilidade ao longo do ano, a sensibilidade constante e o tipo de teste a ser utilizado.

Outra abordagem importante trata da utilização de mais de uma espécie, e de preferência que estas ocupem níveis tróficos distintos, ou seja, sendo estes os produtores primários, os consumidores primários e os consumidores secundários, pois, dependendo da concentração e da composição do poluente químico, pode ocorrer que estes, além de serem tóxicos para todos os organismos, apresentem toxicidade para apenas uma ou outra espécie (BEHRENS, 1995). Esse procedimento é recomendado devido às diferenças na sensibilidade apresentada por cada espécie diante do agente tóxico. Além disso, não se torna um resultado confiável extrapolar o efeito tóxico da substância sobre organismos de uma espécie para aqueles de outras espécies, fazendo-se necessário sempre que possível avaliar o efeito do poluente para mais de uma espécie onde, através do resultado obtido com a que for mais sensível, estimar o possível impacto sobre as demais (COSTA et al., 2008).

Como o estudo da toxicidade em ambientes terrestres é uma ciência relativamente nova, cujo maior desenvolvimento científico tem ocorrido nos últimos 20 anos e se concentrado principalmente na Europa, EUA e Canadá, ainda há uma gama de questionamentos sobre as possíveis situações de impactos sobre o solo em países tropicais. Como essa aferição ecotoxicológica pode ter implicações legais, dependendo do país, é importante que qualquer método de monitoramento seja padronizado e baseado em métodos ecológicos bem estabelecidos (RÖMBKE et al., 2006). Além disso, quanto mais situações e regiões fizerem parte dessa validação, mais robustos e confiáveis se tornam os métodos.

## **Caracterização e descrição dos principais testes**

De maneira geral, as metodologias no escopo da ecotoxicologia terrestre, visam testar previamente um possível impacto de substâncias ou resíduos,

como no caso de pesticidas e lodo de esgoto que são aplicados voluntariamente ao ambiente (FÖRSTER et al., 2004; DOMENE et al., 2007); ou por outro lado, pretendem avaliar o grau de contaminação de ambientes já impactados, muito freqüentemente com metais pesados ou petróleo (LUZ et al., 2004). O conhecimento das características do solo envolvidas no desenvolvimento e sustento do ecossistema de forma geral constitui-se numa ferramenta de grande importância. Da mesma forma, os diversos usos e atividades do solo, associados aos sistemas de manejo utilizados, bem como à utilização excessiva de pesticidas, fertilizantes e, recentemente, a aplicação de resíduos urbanos e industriais, tem proporcionado alterações nas propriedades do solo como um todo (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007).

Por essa ótica, é de suma importância o conhecimento no que diz respeito à qualidade do solo como fonte de recursos para a comunidade biótica de forma geral. Sendo assim, os termos "qualidade" ou mesmo "saúde do solo" surgem como a capacidade de um determinado tipo de solo, seja em ecossistemas naturais ou agrícolas, para desempenhar uma ou mais funções relacionadas à manutenção da qualidade do ambiente, sustentando a produtividade e a diversidade biológica, promovendo a saúde de plantas e animais, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar, bem como proporcionar suporte para estruturas sócio-econômicas e habitação humana (DORAN e PARKIN, 1994; KARLEN et al., 1997).

Da mesma forma que a abordagem ecotoxicológica tem sido usada para a avaliação da segurança ambiental da aplicação de lodo de esgoto como fertilizante orgânico (DOMENE et al., 2007), é possível utilizar este arcabouço de metodologias testadas e padronizadas como ferramenta para avaliação de resíduos industriais ou de mineração com potencial de uso como condicionadores de solo. Levando em conta o conceito de condicionador de solo, onde "o produto utilizado deve promover a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou atividade biológica do solo, podendo participar da recuperação de solos degradados ou desequilibrados nutricionalmente" (Instrução Normativa nº 35, 2006).

## Testes de fuga

Ainda pouco explorado no Brasil, o ensaio de comportamento '*Avoidance*', caracterizado como um método rápido e de procedimento simples, proporciona determinar a biodisponibilidade de substâncias químicas ou de contaminantes no solo, onde os organismos manifestam um comportamento de fuga, que é utilizado como indicador (ISO 17512-1, 2007).

O ensaio já padronizado como o *Soil quality - Avoidance test for testing the quality of soils and effects of chemical on behavior. Part 1: Test with earthworms (2007)* faz referência à utilização de minhocas das espécies *Eisenia fetida* e *Eisenia andrei* como organismos-teste. O princípio desse ensaio é a exposição das minhocas simultaneamente às amostras de solo não contaminado (controle) e contaminado. As duas amostras são colocadas no mesmo recipiente, em seções distintas, separadas por uma divisória, formando dois compartimentos. Após a introdução das amostras em cada lado da divisória, a mesma é retirada, formando uma linha onde 10 organismos são colocados na superfície. Ao final de 48 horas, o número de organismos é determinado em cada seção do recipiente. A amostra é considerada tóxica, com a função de habitat do solo limitada (ISO 17512-1, 2007) se forem encontrados mais de 80% do total de organismos expostos na amostra do solo controle.

## Testes de toxicidade aguda

O efeito agudo de um determinado agente tóxico sobre o organismo-teste pode ser definido como sendo uma resposta severa e rápida que estes apresentam, ou seja, um estímulo que pode se manifestar num período de até 96 horas, causando quase sempre a letalidade, e para alguns microcrustáceos pode acarretar em imobilidade (CETESB, 1990). Por uma visão geral, durante o período de desenvolvimento de um teste de toxicidade aguda, pode-se avaliar a mortalidade ou sobrevivência dos organismos, alterações no seu comportamento (como forma de natação, distribuição da coluna d'água, paralisação e letargia, para seres aquáticos) e aspectos biométricos relativos ao ganho de peso e crescimento (FERREIRA, 2007).

Para a quantificação do grau de letalidade dos organismos, recurso utilizado como um importante indicador da toxicidade de um composto ou efluente, normalmente se expressa através do parâmetro CL 50, que corresponde à concentração que causa o efeito letal sobre 50% da população teste (SILVA, 2002). Entretanto, ao se recomendar a dosagem de um determinado produto, utiliza-se da forma mais criteriosa possível, uma vez que uma importante característica dos testes agudos é que estes normalmente são conduzidos em laboratório, onde se desconhece as possíveis interações sinérgicas ou antagônicas dos produtos quando lançados no ambiente (FERREIRA, 2007).

De acordo com a NBR 12713 (2004), os testes em laboratório são realizados utilizando amostras, que através de diluições, apresentam várias concentrações de poluentes onde os organismos são submetidos. Quando se observa o efeito do agente tóxico sobre as funções vitais ou funcionais dos organismos teste, utiliza-se o índice de toxicidade CE 50 ou DE 50, que corresponde à concentração ou dose efetiva que causa efeito em 50% dos organismos testados (LUZ, 1998).

A DL 50 por sua vez é a dose letal do tóxico administrada diretamente nos experimentos com animais, com efeito letal para 50% da população exposta sob diferentes condições do teste (HODGSON e LEVI, 1997).

O resultado do efeito tóxico também pode ser expresso em fator de toxicidade (FT), o qual corresponde à menor diluição da amostra na qual não se observa imobilidade e/ou mortalidade maior que 10% dos organismos-teste, sendo representado por um número inteiro. Por fim, uma forma qualitativa de determinação também pode ser utilizada, sendo que, para amostras sem diluição o resultado deve ser expresso como tóxico ou não tóxico (ABNT, 2004).

## **Testes de toxicidade crônica**

O efeito crônico refere-se à resposta a um estímulo que continua por um longo tempo, podendo esse período durar parte ou todo o ciclo de vida dos organismos (ZAGATTO et al., 1992). Normalmente apresentam-se como

subletais e são observados no ambiente quando as concentrações do agente tóxico permitem a sobrevivência dos organismos, mas, no entanto, levam a distúrbios em suas funções biológicas, tais como na reprodução, desenvolvimento de ovos, crescimento e maturação (GOLDSTEIN, 1988).

Esses testes dependem diretamente dos resultados dos testes de toxicidade aguda, onde as concentrações subletais são calculadas a partir da CL50. Entretanto, após um teste de toxicidade aguda costuma-se utilizar, por motivos de segurança, a CL50 de menor valor no maior tempo, ou seja, como diferentes organismos respondem de forma específica às variadas concentrações, o lançamento de poluentes, mesmo que tratados, de forma contínua no ambiente aquático ou do solo, pode causar efeitos crônicos, uma vez que as espécies são expostas a baixas concentrações durante longos períodos de tempo (SILVA, 2002).

Quanto à quantificação do teste, a mensuração dos resultados é dada pela concentração máxima do agente tóxico que não causa o efeito observado no teste (CENO - Concentração de efeito não observado), isto é, a maior concentração do poluente tóxico que não levou a um efeito deletério estatisticamente significativo, na sobrevivência e reprodução dos organismos-teste, durante um tempo de pelo menos sete dias de exposição (CETESB, 1990).

## **Perfil geral dos organismos teste - uma gama de opções**

Cada sistema biológico (organismo, população, comunidade) é capaz de responder de forma direta ou indireta aos efeitos de fatores ambientais, sejam eles naturais, antrópicos ou modificados antropicamente. A indicação dos fatores ambientais bióticos ou abióticos através de sistemas biológicos é chamada freqüentemente de Bioindicação. Nesse processo, é de fundamental importância a escolha de propriedades e atributos que apresentem características como facilidade de avaliação, aplicabilidade em diferentes escalas, capacidade de integração, adequação ao nível de análise

da pesquisa, utilização no maior número possível de situações, sensibilidade às variações de manejo e clima e possibilidade de medições por métodos quantitativos e/ou qualitativos (DORAN et al., 1998; USDA, 2001).

Os bioindicadores, caracterizados como organismos que, devido à sua estreita relação vital com o ambiente em que vivem, apresentam reações comportamentais ou metabólicas mensuráveis, que indicam e refletem alguma mudança nesse ambiente, quando essas perturbações não os levam à morte (ANDRÉA, 2008). Os indicadores físicos e químicos podem até ser menos complexos e mais acessíveis do que os bioindicadores, mas não refletem necessariamente a capacidade do solo de manter as suas funções ecológicas (Van BRUGGEN e SEMENOV, 2000).

A comunidade de invertebrados do solo compõe uma ferramenta apropriada para avaliação do grau de perturbação de um solo decorrente de atividades humanas (KIMBERLING et al., 2001; RUF, 1998), ou da intensificação do uso da terra. De uma forma geral, toda a composição da fauna do solo está intimamente relacionada aos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes. Por serem estes organismos sensíveis aos diferentes impactos ambientais, além de bem correlacionados com as funções do solo, tornam-se fundamentais para a elucidação dos processos do ecossistema (DORAN e ZEISS, 2000).

O uso de organismos testes padronizados para estudos em ensaios ecotoxicológicos vem desde a década de 80 (DORN, 1996; MACIOROWSKI e CLARKE, 1977). Embora estes grupos apresentem ampla distribuição espacial, ocorrendo em uma grande diversidade de ambientes com características bem distintas, os representantes de cada grupo empregados como padrões internacionais consistem de espécies oriundas de países temperados. Assim, levando em consideração a aplicação mundial desses testes, a utilização dos mesmos em ambientes tropicais traz certa contradição, uma vez que esses organismos, submetidos a condições adversas poderiam não responder de forma eficiente ao que se espera em virtude de sofrer influência do próprio ambiente que o cerca. Além disso, características dos próprios solos,

naturais de climas temperados e tropicais podem reagir de forma diferenciada quando submetidos aos diferentes contaminantes (ABDEL-LATEIF et al., 1998; GARCIA, 2004). Damm e Vandenbrink (2010) destacam as diferenças nos fatores chuva, temperatura, luminosidade e microorganismos entre os ambientes temperados e tropicais, na dinâmica e disponibilidade de pesticidas no solo, verificando a importância de estudos específicos para cada região.

O conhecimento mais detalhados das características biológicas e fisiológicas de algumas espécies, bem como o fato de já existirem protocolos definidos para sua utilização, torna-se, de certa forma a razão principal pela qual estas são amplamente utilizadas em ensaios em âmbito mundial (ANDRADE, 2003; SARMA et al., 2005).

## **Organismos do solo**

Os organismos que compõe a biota do solo desempenham papéis importantes no desenvolvimento e estabilidade do ecossistema como um todo. Estão envolvidos nos processos de formação e estruturação do solo, na decomposição da matéria orgânica, regulação da atividade microbiana, e conseqüentemente na ciclagem de nutrientes (CORTET et al., 1999).

Levando em conta as perceptíveis mudanças, tanto quantitativas quanto qualitativas, que ocorrem na diversidade e abundância dos grupos após uma interferência no ambiente, estes são tidos como indicadores de boa representatividade das práticas e manejos que afetam as características do solo. Da mesma forma, distúrbios decorrentes da presença de poluentes no solo podem ser bem acompanhados através do comportamento desses organismos, uma vez que são diretamente expostos ao solo contaminado, seja pelo contato, ingestão de partículas de solo e água, ou mesmo pela transferência através da cadeia alimentar (SHEPPARD e EVENDEN, 1994).

## **Oligochaeta**

Característica evidente que classifica a minhoca como membro importante nos processos do solo está no seu tamanho corporal e o movimento que desenvolve ao longo desse ambiente, alterando antigos habitats ou mesmo

criando novas condições para o desenvolvimento de outros grupos de organismos através de sua atividade (BROWN, 1995; MARAUN et al., 1999), sendo assim também participantes do grupo dos engenheiros do ecossistema (LAVELLE et al., 1997). Desempenham com eficiência uma considerável atividade de escavação, trabalhando no revolvimento da terra e mistura com substâncias orgânicas, lançando-as no interior ou na superfície do solo, afetando suas propriedades físicas, a ciclagem de nutrientes e a dinâmica das plantas (LAL, 1991; LAVELLE, 1997; THOMPSON et al., 1993). Além disso, as minhocas podem ter uma profunda influência na regulação da dinâmica da matéria orgânica em solos tropicais (ANDERSON e FLANAGAN, 1989). Sua atividade representa uma das maiores reguladoras dos processos dessa matéria orgânica, podendo ainda melhorar a qualidade do solo (LAVELLE et al., 1989).

Em se falando da presença de contaminantes no solo, as minhocas são diretamente afetadas, uma vez que dependem diretamente da boa qualidade desse ambiente. Ingerem grande quantidade de solo, representam a maior parte da biomassa do solo (quando existentes) e seu tecido de preenchimento (celoma) possui elevado potencial de acumulação de metais pesados (LIU et al., 2005).

Além disso, as minhocas são um importante elo na cadeia trófica terrestre, servindo como fonte de recurso para uma grande variedade de animais, incluindo aves, mamíferos, répteis, anfíbios e insetos (HINTON, 2002), bem como na cadeia aquática, podendo ser alimento para peixes e outros organismos.

A utilização destes organismos em testes de ecotoxicidade é reforçada, além do papel fundamental que desempenham na macro-pedofauna, também pela sua abundante presença em solos tropicais e temperados (NAHMANI et al., 2007), e pelo fácil cultivo e reprodução em laboratório (NEUHAUSER et al., 1985; EDWARDS e BOHLEN, 1996).

## **Enchytraeidae**

A família Enchytraeidae está inserida também na classe Oligochaeta, entretanto participando do grupo da mesofauna, em virtude do seu tamanho reduzido (2-40 mm) quando comparado às demais espécies de minhocas.

Assim como os representantes da classe de forma geral, tem sua biologia toda dependente da qualidade do solo. Alimenta-se 80% de microrganismos e 20% de matéria orgânica em decomposição (DIDDEN, 1993). Seu movimento ao longo do perfil do solo cria galerias que aumentam a capacidade de infiltração de água e ar. A mistura do solo ao passar pelo tubo digestivo faz com que este retorne ao meio com uma textura mais fina e maior estabilidade dos agregados.

Geralmente tem sua densidade afetada por alguns fatores, como o teor de umidade do solo, onde diminui sua população em ambientes extremos, seja muito seco ou muito encharcado, mas essa relação é ainda mais intensificada quando associada à temperatura e ao conteúdo de matéria orgânica presente no solo (DIDDEN, 1993).

## **Collembola**

Os colêmbolos são pequenos artrópodes, ápteros, encontrados em todo o mundo (BELLINGER et al., 2010). São amplamente difundidos e abundantes, alcançando, geralmente, densidades de dezenas a centenas de milhares por metro quadrado nos primeiros centímetros da superfície do solo ao redor do mundo (CULIK et al., 2003). Alcançam habitats que vão desde a serapilheira, árvores, litoral marinho e água doce (BELLINGER et al., 2007).

Constituem a mesofauna do solo, influenciando na fertilidade do solo e atuando como reguladores da microbiota do solo, por se alimentarem desses microrganismos e da matéria orgânica em decomposição (CULIK et al., 2003).

Apesar do grande avanço nos estudos que envolvem diversidade de colêmbolos no solo nas últimas décadas, no Brasil e no mundo (CULIK,

2003; PONGE et al., 2003; SOUSA et al., 2006), em função do crescente interesse na compreensão dos processos ecológicos pelos quais estes organismos participam nos ecossistemas, uma grande limitação ainda aparece como, por exemplo, a falta de taxonomistas disponíveis e de metodologias adequadas para capturar estes organismos (ZEPPELINI FILHO e BELLINI, 2004).

## Organismos aquáticos

### Algas

Os ensaios de toxicidade envolvendo espécies de algas normalmente enquadram-se no perfil dos testes crônicos, onde se avalia o aumento populacional do organismo exposto a diferentes doses do contaminante durante certo número de dias, comparando ao desempenho em uma amostra controle.

Alguns protocolos já foram definidos, como para a espécie de alga clorofícea *Pseudokirchneriella subcapitata* (Chlorophyceae, Chlorophyta) através da norma ABNT-NBR 12648 (2005).

Em boa parte dos casos, a população de algas reproduzidas em laboratório, além de participarem diretamente dos ensaios, também são utilizadas como fonte de alimento para alguns outros organismos-teste.

### Daphnia

Muito se tem utilizado do grupo dos microcrustáceos em ensaios ecotoxicológicos. Para alguns, como *Daphnia similis* (Cladocera, Crustacea), ABNT-NBR 12713 (2004) e *Ceriodaphnia dubia* (Cladocera, Crustacea), ABNT-NBR 13373 (2005), já foram estabelecidas as normas e procedimentos de utilização. Em diferentes organizações, utilizam-se espécies distintas de um mesmo gênero, como por exemplo, a CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, como microcrustáceo, a *Daphnia similis* em testes de toxicidade (GOLDSTEIN, 1988). Já o microcrustáceo utilizado pelo Instituto Ambiental do Paraná - IAP é a *Daphnia magna* (IAP, 1997). Essa espécie de microcrustáceo destaca-se, segundo Goldstein e Zagatto (1991), entre os organismos

recomendados, uma vez que são de fácil manutenção em laboratórios e sensíveis a diferentes grupos de agentes químicos, sendo assim amplamente utilizadas nos testes de toxicidade.

Os testes utilizando microcrustáceos normalmente são testes agudos, onde se verifica a capacidade de mobilidade e sobrevivência dos organismos após 48 horas.

## Considerações Finais

Considerando que condições ecológicas diferem amplamente entre partes diferentes do mundo, sistemas de teste têm que ser desenvolvidos de forma pertinente para condições regionais diferentes. Como exemplo, Breitholtz et al. (2006), destaca que, como a maioria das espécies de peixe que vivem naturalmente na zona temperada tem ciclos de vida muito longos, dificultando estudos completos da interferência do poluente sobre as diversas gerações, faz-se uso de espécies tropicais e subtropicais. Entretanto ensaios para avaliação de poluentes em países temperados devem lançar mão de espécies de animais característicos dessa região, uma vez que a reprodução dos testes em laboratório, com organismos não adaptados a essas condições não irão fornecer respostas compatíveis com o observado no ecossistema real (BREITHOLTZ et al., 2006).

Alguns grupos constituintes da macro e mesofauna apresentam características que podem levá-los a se enquadrar nos requisitos para serem considerados organismos-teste em ecotoxicologia. Entretanto, para cada espécie devem ser consideradas suas características particulares, bem como o tipo de teste e o objetivo que se espera alcançar. Em alguns casos, já existem ensaios que fizeram uso de alguns desses grupos, como Gastropoda (SCHUYTEMA et al., 1994; LASKOWSKI e HOPKIN, 1996) e nematóides (KAMMENGA et al., 1996; VAN KESSEL et al., 1989).

O grupo dos isópodes, por exemplo, são considerados como apresentando bom potencial para indicação ecotoxicológica (DROBNE, 1997; CORTET et

al., 1999; PAOLETTI e HASSALL, 1999) além de participarem ativamente na ciclagem de nutrientes (VAN STRAALLEN, 2004). Porém, não são indicados para todos os tipos de teste, uma vez que apresentam um longo ciclo de vida (DROBNE, 1997). Já para ensaios de comportamento como '*avoidance*', podem ser uma importante ferramenta para verificação da função hábitat do solo.

Outra alternativa para avaliação da toxicidade do contaminante ao longo do tempo pode ser verificada através da macrofauna fragmentadora do material vegetal. Como exemplo, tem-se os tanques projetados para o descarte da lama vermelha produzida após o refino da bauxita para produção da alumina. Nesse caso um manejo de revegetação da área através do manejo de espécies arbóreas adaptadas a possíveis situações de estresse tem sido apropriado para tornar esse ambiente novamente 'produtivo'. Como o resíduo apresenta diferentes constituições, sendo definido pelo local de extração e tipo de processo a que é submetido, as substâncias assimiladas pela vegetação introduzida como cobertura são variáveis e, conseqüentemente retornarão ao sistema pelo processo de decomposição. Em seguida, os organismos fragmentadores presentes na serapilheira serão afetados diretamente pela ingestão desses produtos. No caso dos diplópodes, sua alta capacidade de consumo e fragmentação do material vegetal formador da serapilheira faz desse grupo um importante objeto de estudo das possibilidades de contaminação através da cadeia alimentar que parte da vegetação estruturada sobre esse substrato.

A busca de novas espécies com representação local e de novos testes que visem processos ecológicos ainda não contemplados nos atuais protocolos é algo que, sem dúvida, contribuirá para o aumento da relevância da mensuração dos impactos ambientais de resíduos e xenobióticos de um modo geral. É necessário, no entanto, um longo trabalho de padronização e validação das novas espécies e testes, além, de uma ponderação entre custo e eficiência de resultados gerados por novos protocolos.

## Referências Bibliográficas

ABDEL-LATEIF, H. M.; DONKER, M. H.; VAN STRAALLEN, N. M. Interaction between temperature and cadmium toxicity in the isopod *Porcellio scaber*. **Functional ecology**, Oxford, v. 12, p. 521-527, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12648**. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas. (Chlorophyceae). Rio de Janeiro, 2005. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12713**. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* ssp. (Crustacea, Cladocera). Rio de Janeiro, 2004. 21 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13373**. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* ssp. (Crustacea, Cladocera). Rio de Janeiro, 2005. 15 p.

ANDERSON, J. M.; FLANAGAN, P. W. Biological processes regulating organic matter dynamics in tropical soils. In: COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; UEHARA, G. (Eds). **Tropical soil organic matter**. Honolulu: University of Hawan Press, 1989. p. 97-123.

ANDRADE, A. M. S. **Estudo sobre a biologia de *Macrothrix elegans* Sars (1901) (Crustacea: Anomopoda) e uma avaliação sobre sua sensibilidade ao dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ )**. 2003. 49 f. Monografia. (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Bahia, Salvador.

ANDRÉA, M. M. **Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos**. São Paulo: Instituto Biológico, 2008. (Instituto Biológico. Comunicado Técnico, 83). [http://www.biologico.sp.gov.br/artigos\\_ok.php?id\\_artigo=83](http://www.biologico.sp.gov.br/artigos_ok.php?id_artigo=83). Acesso em 04 set. 2009.

ARAÚJO, A. S. F. de; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, July./Sept. 2007.

BEHRENS, A. **Avaliação da toxicidade aguda (FD) em efluentes industriais - galvanoplastia**. 1995. 37 f. Monografia (Bacharelado em Biologia) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba.

BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. **Checklist of the Collembola of the World**. Disponível em: <<http://www.collembola.org>>. Acesso em: 26 abr. 2010.

BERTOLETTI, E. Tratabilidade e toxicidade de efluentes industriais. **Engenharia Sanitária**. Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 38-41, 1989.

BREITHOLTZ, M.; RUDEN, C.; HANSSON, S. O.; BENGTTSSON, B. Tem challenges for improved ecotoxicological testing in environmental risk assessment. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 63, p. 24-335, 2006.

BROWN, G. G. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? **Plant and Soil**, The Hague, v. 170, 209-231. 1995.

CARVALHO, A. E. F.; LEONEL, L. F.; MATSUBARA, K. G.; SILVA, E. M. F.; SASAKI, T. H.; MONZANE, P. V. G. Avaliação ecotoxicológica de ecossistemas aquáticos da bacia hidrográfica do rio Itaqueri (Itirapina/Brotas, SP): uma análise espacial. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UFSCAR, 8.; CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17.; ENCONTRO DE EXTENSÃO, 7.; CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 5.; WORKSHOP DE GRUPOS DE PESQUISA, 4.; CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DA AUGM, 6., 2009. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2009.

CHASIN, A. A. M.; PEDROZO, M. F. M. O estudo da toxicologia. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. (Ed.). **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos: RiMa/InterTox, 2004. 340 p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Procedimentos para utilização de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos**. São Paulo, 1990.

CORTET, J.; VAUFLERY, A. G. de; BALAGUER, N. P.; GOMOT, L.; TEXIER, C.; CLUZEAU, D. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v. 35, n. 3, p. 115-134, 1999.

COSTA, C. R.; OLIVI, P.; BOTTA, C. M. R.; ESPÍNDOLA, E. L. G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 7, 1820-1830, 2008.

CROUAU, Y.; MOÏA, C. The relative sensitivity of growth and reproduction in the springtail, *Folsomia candida*, exposed to xenobiotics in the laboratory: an indicator of soil toxicity. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 64, p. 115-121, 2006.

CULIK, M. P.; SOUSA, J. L. de.; VENTURA, J. A. Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espírito Santo, Brasil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 21, n. 1, p. 49-58, 2002.

DAAM, M. A.; Van DENBRINK, P. J. Implications of differences between temperate and tropical freshwater ecosystems for the ecological risk assessment of pesticides. **Ecotoxicology**, v. 19, p. 24-37, 2010.

DIDDEN, W. A. M. Ecology of terrestrial Enchytraeidae. **Pedobiologia**, Jena, v. 37, p. 2-29, 1993.

DOMENE, X.; LUZ, T. N. da; ALCANIZ, J. M.; ANDRÉS, P.; SOUSA, J. P. Feeding inhibition the soil collembolan *Folsomia candida* as na endpoint for the estimation of organic waste ecotoxicity. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 26, n. 7, p. 1538-1544, 2007.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA Special Publication, 35).

DORAN, J. W.; LIEBIG, M. A.; SANTANA, D. P. Soil health and global sustainability. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16., 1998, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: ISSS / AFES, 1998.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, p. 3-11, 2000.

DORN, P. B. Whole effluent toxicity testing: an evaluation of methods and prediction of receiving system impacts an industrial perspective on whole effluent toxicity test. **Boca Ratón**: SETAC Press, 1996.

DROBNE, D. Terrestrial isopods - a good choice for toxicity testing of pollutants in the terrestrial environment. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 16: 1159-1164, 1997.

EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. J. **Biology of earthworms**. 3rd ed. London: Chapman and Hall, 333 p. 1996.

FERREIRA, C. M. **Análises complementares obtidas a partir e testes de toxicidade aquática**. Disponível em: [http://www.aquicultura.br/analises\\_complementares.htm](http://www.aquicultura.br/analises_complementares.htm). Acessado em 10 abr. 2010.

FÖRSTER, B.; Van GESTEL, C. A. M.; KOOLHAAS, J. E.; NENTWIG, G.; RODRIGUES, J. M. L.; SOUZA, J. P.; JONES, S. E.; KNACKER, T. Ring-testing and field-validation of a terrestrial model ecosystem (TME) - an instrument for testing potentially harmful substances: effects of carbendazim on organic matter breakdown and soil fauna feeding activity. **Ecotoxicology**, New York, v. 13, p.129-141, 2004.

GARCIA, M. **Effects of pesticides on soil fauna: development of ecotoxicological test methods for tropical regions**. Göppingen: Cuvillier Verlag, 2004. 281 p., il. color. (Ecology and Development Series, 19).

GOLDSTEIN, E. G. Testes de toxicidade de efluentes industriais. In: **Ambiente**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 33-38, 1988.

GOLDSTEIN, E. G.; ZAGATTO, P. A. Toxicidade em águas do estado de São Paulo. In: **Ambiente**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 13-20, 1991.

HINTON, J. **Earthworms as a bioindicator of mercury pollution in an artisanal gold mining community, Cachoeira do Piriá, Brazil**. Thesis. (B. A. S. C. Geological Engineering) - University of British Columbia, Vancouver, 1999.

HODGSON, E.; LEVI, P. **A Text book of Modern Toxicology**. 2 ed. Stamford: Appleton & Lange, 1997.

IAP. Instituto Ambiental do Paraná. **Manual de métodos para avaliação de toxicidade**. Curitiba, 1997. 101 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.

**ISO17512 - 1: soil quality: avoidance test for testing the quality of soils and effects of chemical on behavior. part 1: test with earthworms (*Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*)**. Geneva, Suíça, 2007.

KAMMENGA, J. E.; Van KOERT, P. H. G.; RIKSEN, J. A. G.; KORTHALS, G. W.; BAKKER, J. A toxicity test in artificial soil based on the life history strategy of the nematode *Plectus acuminatus*. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v.15, p. 722-727, 1996.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society American Journal**, Madison. v. 61, p. 4-10, 1997.

KIMBERLING, D. N.; KARR, J. R.; FORE, L. S. Measuring human disturbance using terrestrial invertebrates in the shrub-steppe of eastern Washington (USA). **Ecological Indicators**, Amsterdam 1, 63-81, 2001.

KNIE, J. L.W.; LOPES, E. W. B. **Testes toxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA/GTZ, 2004.

LAL, R. Soil conservation and biodiversity. In: HAWKS WORTH, D. L. (Ed.). **The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its role in sustainable agriculture**. Wallingford, UK: CAB International, 1991. p. 89-103.

LASKOWSKI, R.; HOPKIN, S. P. Accumulation of Zn, Cu, Pb and Cd in the garden snail (*Helix aspersa*): Implication for predators. **Environmental Pollution**, Amsterdam, v. 91, p. 289-297, 1996.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, Amsterdam, v. 33, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, P.; SCHAEFER, R.; ZAIDI, Z. Soil ingestion and growth in *Millsonia anomala*, a tropical earthworms, as influenced by the quality of the organic matter ingested. **Pedobiologia**, Jena, v. 33, p. 379-388, 1989.

LIU, X.; CHENGXIAO, H.; ZHANG, S. Effects on earthworm activity on fertility and heavy metals bioavailability in sewage sludge. **Environment International**, Amsterdam, v. 31, p. 874-879, 2005.

LUZ, L. B. D. **Estudo da toxicidade de percolados de aterro sanitário**. 1998. Monografia. (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Sanitária) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LUZ, T. N. da; RIBEIRO, R.; SOUZA, J. P. Avoidance tests with Collembola and earthworms as early screening tools for site-specific assessment of polluted soils. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 23, n. 9, p. 2188-2193, 2004.

MACIOROWSKI, H. D.; McV CLARKE, R.; SCHERER, E. The use of avoidance-preference bioassays with aquatic invertebrates. In: BUIKEMA JUNIOR, A. L.; CAIRNS, J. (Ed.). **Proceedings of the 3rd Aquatic Toxicity Workshop**. Halifax: Environmental Protection Service, 1977. p. 27-29.

MARAUN, M.; ALPHEI, J.; BONKOWSKI, M.; BURYN, R.; MIGGE, S.; PETERS, M.; SCHAEFER, M.; SCHEU, S. Middens of the earthworm *Lumbricus terrestris* (Lumbricidae): microhabitats for micro-and mesofauna in forest soil. **Pedobiologia**, Jena, v. 43, 276-287, 1999.

NAHMANI, J.; HODSON, M. E.; BLACK, S. A Review of studies performed to assess metal uptake by earthworms. **Environmental Pollution**, Amsterdam, v. 145, p. 402-424, 2007.

NEUHAUSER, E. F.; LOEHR, R. C.; MILLIGAN, D. L.; MALECKI, M. R. Toxicity of metals to the earthworms *Eisenia foetida*. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 1, p. 149-152, 1985.

PAOLETTI, M. G. E.; HASSALL, M. Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.74:p. 157-165, 1999.

PONGE, J. F.; GILLET, S.; DUBS, F.; FEDOROFF, E.; HAESE, L.; SOUSA, J. P.; LAVELLE, P. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.35, p. 813-826, 2003.

RAMADE, F. **Ecotoxicologie**. Paris: Masson, 1977. 205p.

RÖMBKE, J.; HÖFER, H.; GARCIA, M. V. B.; MARTIUS, C. Feeding activities of soil organisms at four different forest sites in Central Amazonia using the bait lamina method. **Journal of Tropical Ecology**, New York, v. 22, p. 313-320, 2006.

RUF, A. A maturity index for predatory mites (Mesostigmata:Gamasina) as an indicator of environmental impacts of pollution on forest soils. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 9, p. 447-452, 1998.

SARMA, S. S. S.; NANDINI, S.; GULATI, R. D. Life history strategies of cladocerans: comparisons of tropical and temperate taxa. **Hydrobiologia**, The Hague v. 542, p. 315-333, 2005.

SCHUYTEMA, G. S.; MEBECKER, A. V.; GRIFFIS, W. L. Effects os dietary exposure to Forest pesticides on the Brown garden snail *Helix aspersa* Müller. **Archives Environmental Contamination Toxicology**, New York, v. 26 p. 23-28, 1994.

SHEPPARD, S. C.; EVENDEN, W. G. Simple whole-soil bioassay based on microarthropods. **Bulletin Environmental Contamination Toxicology**, Califórnia, v. 52, p. 95-101, 1994.

SILVA, A. C. **Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto e tratado**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SISINNO, C.; BULUS, M.; RIZZO, A.; SÁFADI, R.; FONTES, A.; MOREIRA, J. Ensaio ecotoxicológicos como um instrumento de complementação da avaliação de áreas contaminadas: resultados preliminares em áreas contaminadas por hidrocarbonetos, pp. 150-154. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE SAÚDE E AMBIENTE, 3., 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2004. 164p.

SISINNO, C. L. S.; BULUS, M. R. M.; RIZZO, A. C.; MOREIRA, J. C. Ensaio de Comportamento com Minhocas (*Eisenia fetida*) para Avaliação de Áreas Contaminadas: Resultados Preliminares para Contaminação por Hidrocarbonetos. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, Curitiba, v. 1, n. 2, 2006.

SOUSA, J. P.; BOLGER, T.; GAMA, M. M. T.; LUKKARI, P. J.; SIMÓN, C.; TRASER, G.; VANBERGEN, A. J.; BRENNAN, A.; DUBS, F.; IVITIS, E.; KEATING, A.; STOFER, S.; WATT, A. D. Changes in Collembola richness and diversity along a gradient of land-use intensity: A pan European study. **Pedobiologia**, Jena, v. 50, p. 147-156, 2006.

THOMPSON, L.; THOMAS, C. D.; RADLEY, J. M. A.; WILLIAMSON, S.; LASTON, J. H. The effect of earthworms and snails in a simple plant community. **Oecologia**, Berlin, v. 95, p.171-175. 1993.

UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Guidelines for soil quality assessment in conservation planning**. Washington, DC , 2001. Disponível em: <http://www.docstoc.com/docs/850717/Guidelines-for-Soil-Quality-Assessment-in-Conservation-Planning>. Acesso em: 03 set. 2009.

Van BRUGGEN, A. H. C.; SEMENOV, A. M. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, 15, 13-24, 2000.

Van KESSEL, V. H. M.; BROCADES-ZAALBERG, R. W.; SEINEN, W. Testing environmental pollutants on soil organisms: a simple assay to investigate the toxicity of environmental pollutants on soil organisms using CdCl<sub>2</sub> and nematodes. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.18, 181-190, 1989.

Van STRAALLEN, N. M. "Assessment of soil contamination - a functional perspective". **Biodegradation**, Dordrecht, v. 13, p. 41-52, 2002.

Van STRAALLEN, N. The use of soil invertebrates in ecological surveys of contaminated soils. In: P. Doelman and H. J. P. Eijsackers (Ed.). **Vital Soil Function, Value and Properties**. Amsterdam: Elsevier, 2004. p.159-195.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E.; GOLDSTEIN, E. G.; SOUZA, H. B. de. Avaliação de toxicidade em sistema de tratamento biológico de afluentes líquidos. In: **Revista DAE**, São Paulo, v. 52, n. 166, p. 01-06, 1992.

ZEPPELINI FILHO, D.; BELLINI, B. C. **Introdução ao estudo dos Collembola**. João Pessoa: Editora da UFPB, 2004. 82 p.





---

*Agrobiologia*

**Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**