

AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DO SOLO EM CULTURAS OLERÍCOLAS DE BASES ECOLÓGICAS E CONVENCIONAIS, MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO SUL, RS, BRASIL, ATRAVÉS DE ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS

Luis Fernando Marion¹
Eduardo A. Lobo¹
Marilia Schuch¹
Deivid Ismael Kern¹
Júlia Carina Niemeyer²

RESUMO

A horticultura faz uso extensivo de recursos naturais, solo e água, e também adiciona grandes quantidades de fertilizantes, produtos químicos e/ou orgânicos, e pesticidas no meio ambiente. Esta condição caracteriza o agricultor "convencional" da Associação de Agricultores Santa Cruzenses no Município de Santa Cruz do Sul, RS. Outra abordagem de produção, no entanto, caracteriza os produtores da Cooperativa Regional dos Agricultores Ecologistas, também no Município de Santa Cruz do Sul, usando o sistema de cultivo de "bases ecológicas." Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a condição de toxicidade do solo em diferentes culturas olerícolas no Município de Santa Cruz do Sul, comparando o sistema convencional com o sistema de bases ecológicas, através de testes ecotoxicológicos utilizando *Eisenia fetida* (Annelideo) como organismo-teste. Assim, de fevereiro a dezembro de 2010, foram realizadas sete coletas de amostras de solo em propriedades convencionais e ecológicas, em áreas suspeitas de contaminação, a uma profundidade de 0 a 10 cm e levadas ao Laboratório de Ecotoxicologia da Universidade de Santa Cruz do Sul, RS, para a realização dos ensaios. Os organismos foram expostos a amostras para determinar a mortalidade após 7 e 14 dias. Os resultados foram expressos de forma qualitativa, tóxicos ou não tóxicos, de acordo com a metodologia descrita na norma ABNT NBR 15537, ISO 11268-1 e 207 da

¹ Laboratório de Limnologia. Departamento de Biologia e Farmácia, Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), RS, Brasil (lobo@unisc.br).

OCDE. Amostras coletadas nas propriedades ecológicas não apresentaram toxicidade. No entanto, das sete amostras coletadas de fazendas convencionais, duas mostraram toxicidade em fevereiro e agosto de 2010, ocorrendo 100% e 20% de mortalidade, respectivamente. Na primeira coleta, a mortalidade foi provavelmente causada pela sinergia dos pesticidas utilizados na cultura da alface, destacando o Mancozeb, metalaxil-M, Iprodiona e deltametrina. A mortalidade que ocorreu na segunda coleta foi atribuída ao uso de Abamectina, enfatizando que, assim como a mortalidade de organismos, os indivíduos sobreviventes tinha baixa mobilidade e alterações morfológicas. Os resultados mostraram que o uso de agrotóxicos em propriedades convencionais causam a contaminação do solo diminuindo a sua qualidade ambiental. A ausência de mortalidade de organismos em amostras das propriedades ecológicas revela que este sistema não causa toxicidade para os organismos-teste, sendo recomendado como ambientalmente correta para essa atividade agrícola.

Palavras chave: Ecotoxicologia Terrestre, *Eisenia fetida*, Bioindicadores, Qualidade do solo, cultura convencional, Cultura ecológica.

EVALUATION OF THE TOXICITY OF THE SOIL IN VEGETABLE CROPS OF CONVENTIONAL AND ECOLOGICAL BASES, CITY OF SANTA CRUZ DO SUL, RS, BRASIL, USING ECOTOXICOLOGICAL TESTS

ABSTRACT

The horticulture makes extensive use of natural resources, soil and water, and also adds large amounts of fertilizers, chemicals and/or organic, and pesticides in the environment. This condition characterizes the “conventional” farmer from the Association of Santa Cruz Farmers in the Municipality of Santa Cruz do Sul, RS. Another production approach, however, characterizes the farmers from the Regional Cooperative of Ecologist Farmers, also in the Municipality of Santa Cruz do Sul, using the cropping system of "ecological bases." In this context, the objective of this study was to evaluate the soil toxicity condition in different vegetable crops in Santa Cruz do Sul County, comparing the conventional system and the ecological bases system, through ecotoxicological tests using *Eisenia fetida* (Annelideo) as organism-test. Thus, from February to December of 2010, seven soil samples were collected from conventional and

² Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, BH, Brasil (juliacarina@yahoo.com.br).

ecological farms, in areas suspected of contamination, at a depth of 0 to 10 cm and brought to the Laboratory of Ecotoxicology from the University of Santa Cruz do Sul, RS, for conducting the tests. The organisms were exposed to the samples to determine the mortality after 7 and 14 days. Results were expressed qualitatively as toxic or not toxic, according to the methodology described in the ABNT NBR 15537, ISO 11268-1 and OECD 207. Samples collected in the ecological properties showed no toxicity. However, from the seven samples collected in the conventional farms, two showed toxicity, in February and August of 2010, occurring 100% and 20% of mortality, respectively. In the first sampling, mortality was probably caused by the synergy of the pesticides used in the lettuce crop, highlighting the Mancozeb, metalaxyl-M, Iprodione and Deltamethrin. The mortality that occurred in the second sampling was attributed to the use of Abamectin, emphasizing that as well as the mortality of organisms, the surviving individuals had low mobility and morphological changes. The results show that the uses of pesticides on conventional properties cause soil contamination diminishing its environmental quality. The absence of mortality of organisms in samples of the ecological properties reveals that this system did not cause toxicity to test organisms, and is therefore recommended as environmentally correct for this agriculture activity.

Keywords: Terrestrial Ecotoxicology, *Eisenia fetida*, Bioindicators, Soil quality, Conventional Farm, Ecological Farm.

INTRODUÇÃO

A olericultura é um segmento da horticultura especializado na produção de verduras e legumes, normalmente consumidos “in natura”; é uma atividade intensiva no uso do solo destacando-se pela utilização de elevadas quantidades de fertilizantes e agrotóxicos (Nascimento & Yamashita, 2009). Em Santa Cruz do Sul, RS, produtores ligados à Associação Santa-Cruzense de Feirantes (ASSAFE) utilizam a “olericultura convencional”, caracterizada pelo uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos. Por outro lado, os produtores ligados à Cooperativa Regional de Agricultores Familiares Ecologistas (ECOVALE), utilizam na produção um conjunto de técnicas conservacionistas: biodinâmica, biológica, natural, permacultura, ecológica e agroecológica, doravante denominado sistema de produção de “bases ecológicas”.

Na horticultura brasileira a quantidade aplicada de agrotóxicos pode atingir até 08 L ha⁻¹ (Almeida, 2009), que na grande maioria dos casos são usados em mistura, podendo apresentar diferentes interações químicas. Se o efeito dessa interação não provoca diferença de toxicidade da mistura em relação às substâncias isoladas, tem-se o efeito chamado de “aditivo” (Goldoni & Johansson, 2007). A diminuição da toxicidade da

mistura em relação aos componentes individuais é atribuída ao chamado efeito “antagônico”. Caso o efeito tóxico da mistura for maior que o das substâncias separadas, tem-se o chamado efeito “sinérgico tóxico” (Lydy *et al.*, 2004).

Zhou *et al.* (2011) mostraram que a utilização do organofosforados e de piretróides em mistura causou efeito tóxico sinérgico sobre minhocas da espécie *E. fetida*, alertando que estudos de ecotoxicidade terrestre sobre riscos ambientais e impactos ecológicos, gerados a partir do estudo de um único agrotóxico, podem subestimar a real situação. Schreck *et al.* (2008) identificaram que a mistura lambda-Cyhalothrin + Chlorpyrifos-ethyl + Folpet + Metalaxyl, e a mistura Myclobutani + Fosetyl-Al causaram neurotoxicidade à espécie *Aporrectodea caliginosa nocturna* (Oligochaeta: lumbricidae), revelando a sinergia tóxica.

Devido à complexidade comportamental das misturas de agrotóxicos no solo, análises químicas são insuficientes para identificar o risco ecológico potencial, pois não conseguem revelar a biodisponibilidade dos compostos presentes no ambiente edáfico (Loureiro *et al.*, 2002; Sisino *et al.*, 2006). Bioindicadores são organismos usados na investigação do efeito de agentes estressores - neles próprios, nas populações, nas comunidades ou nos ecossistemas - para caracterizar a saúde do ambiente e/ou servir de suporte à determinações de possíveis riscos ecológicos (Andrea, 2008).

Eisenia fetida Savigny, 1826 (Oligochaeta: Lumbricidae), é um dos organismos bioindicadores que está intimamente ligada ao processo de humificação, ciclagem de nutrientes e a circulação de ar e água no solo (Storer, 1984); é uma espécie epigêica que habita os horizontes superficiais do solo com elevado teor de matéria orgânica (Chan, 2001). O nicho ecológico e a posição trófica transformam esta espécie numa excelente rota de transferência e biomagnificação de contaminantes ao longo da cadeia alimentar, determinando sua importância na investigação de riscos ecológicos (Paoletti, 1999).

A *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), em 1984, a *Environmental Protection Agency* (EPA), em 1992, e a *International Organization for Standardization* (ISO), em 1993, adotaram a espécie *E. fetida* como bioindicador da toxicidade do solo. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) editou a norma NBR 15537/2007, visando padronizar o método de ensaios de ecotoxicidade aguda de agrotóxicos utilizando *E. fetida* como organismo teste (Andréa, 2010).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a condição de toxicidade do solo em diferentes culturas olerícolas no Município de Santa Cruz do Sul, comparando o sistema convencional com o sistema de bases ecológicas, através de testes ecotoxicológicos utilizando *E. fetida*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Referência geográfica

O experimento realizou-se no município de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil, situado geograficamente entre as coordenadas 29°22' - 29°52' S e 52°17' - 52°35' O (Fig. 1). Aproximadamente 45% de seu território situa-se na região da bacia hidrográfica do Rio Pardo, sub-bacia do Rio Pardinho (Lovatto, Etges & Karnopp, 2008). As amostras foram coletadas em propriedades convencionais (PCO's 1 e 2) e de Bases ecológicas (PBE's 1 e 2), localizadas nas seguintes coordenadas geográficas: PCO1: 29°42'30.753" S - 52°22'52.982" O; PCO2: 29°41'46.27" S - 52°22'38.421" O; PBE1: 29°39'49.85" S - 52°24'56.465" O; e, PBE2: 29°31'28.493" S - 52°23'59.138" O (Fig. 2).

Amostragem

De fevereiro a dezembro de 2010, foram realizadas sete coletas em cada uma das duas propriedades objeto desta pesquisa (Tab. 1). Duas amostras de solo, uma na área cultivada com olerícolas nas PCO's e PBE's, denominadas Convencional Teste (CT) e Base Ecológica Teste (BET), respectivamente, e outra em área não cultivada nas PCO's e PBE's nos últimos cinco anos, denominadas Convencional não Cultivada (CñC) e Base Ecológica não Cultivada (BEñC), respectivamente.

As coletas foram realizadas no intervalo de até 24 horas, na ausência de precipitação, após a aplicação de algum produto (Correa *et al.*, 2009). Locais "suspeitos de contaminação" foram identificados por intermédio do questionário aplicado aos produtores: (1) Foram aplicados produtos na últimas 24 horas? (2) Local onde foi feita aplicação? (3) Quais os produtos utilizados? (4) Qual a quantidade utilizada? Toda a área com olerícolas de cada propriedade foi sistematizada em subáreas de aproximadamente 500 m², sendo que nos locais suspeitos, as subáreas, foram adensadas tendo aproximadamente 25 m² (Fig. 3), conforme a técnica descrita em CETESB (1999). Com o auxílio de uma pá de corte foi retirada uma sub-amostra à profundidade de 0 a 10 cm (Alves *et al.*, 2008; Nunes, 2010; Papini & Andrea, 2004; Spadotto, 2004; Singh & Ghoshal, 2010), de cada subárea, para formar uma amostra composta, que após a homogeneização foi encaminhada ao Laboratório de Ecotoxicologia da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) para a realização dos testes. Uma amostra à profundidade de 0 a 20 cm foi coletada em cada propriedade, de acordo com a metodologia da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS, 2004), para análise físico-químicas realizadas no laboratório de solos da UNISC.

Tabela 1. Época da coleta de amostras de solo, 2010.

		Datas de coleta						
		20/Fev	17/Mai	07/Jul	16/Ago	28/Out	14/Nov	27/Dez
Propriedades	PCO1	PCO2	PCO2	PCO1	PCO1	PCO1	PCO1	PCO2
	PBE1	PBE1	PBE2	PBE2	PBE1	PBE1	PBE1	PBE2

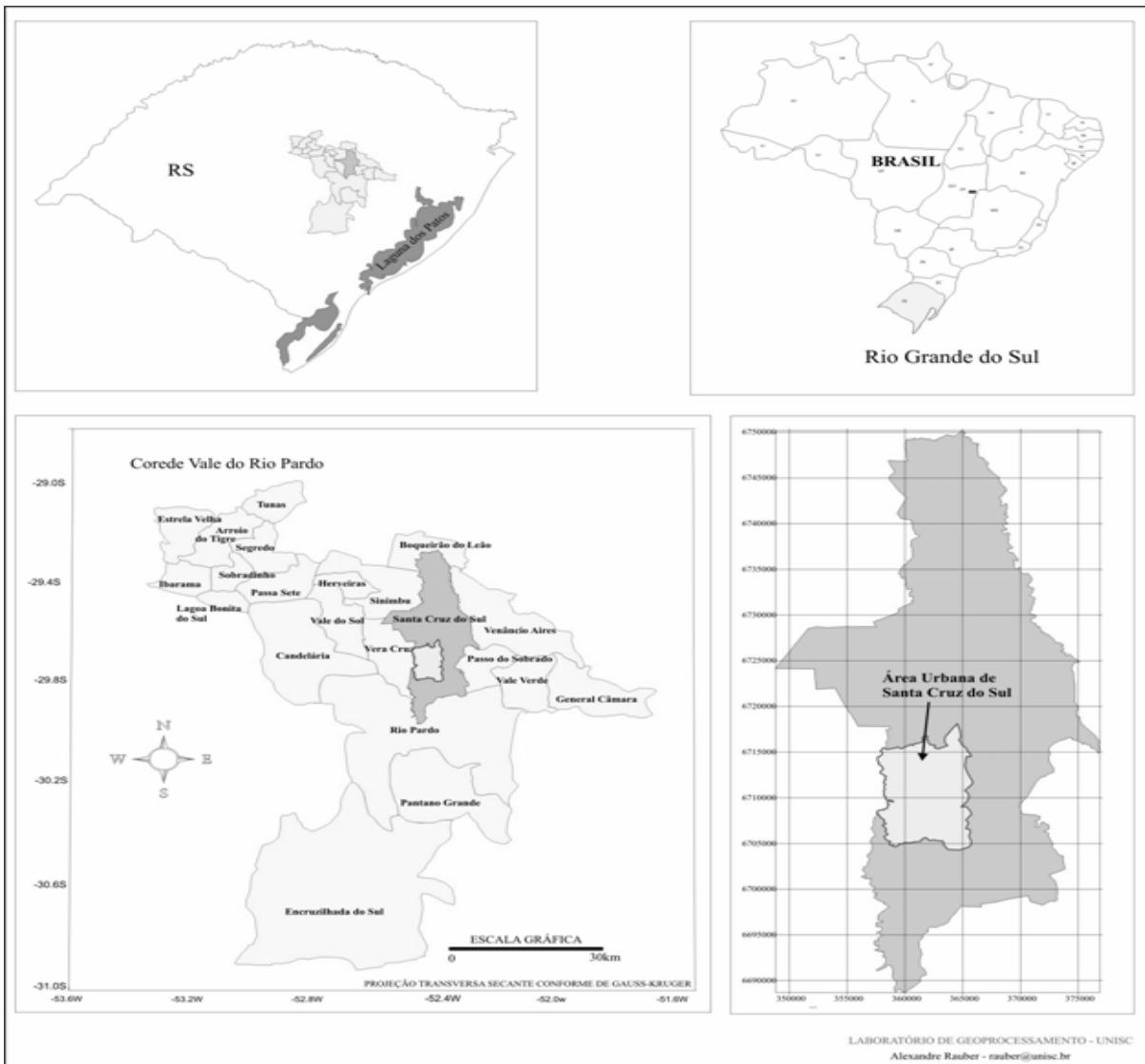


Figura 1. Localização do município de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil (Laboratório de Geoprocessamento da UNISC).

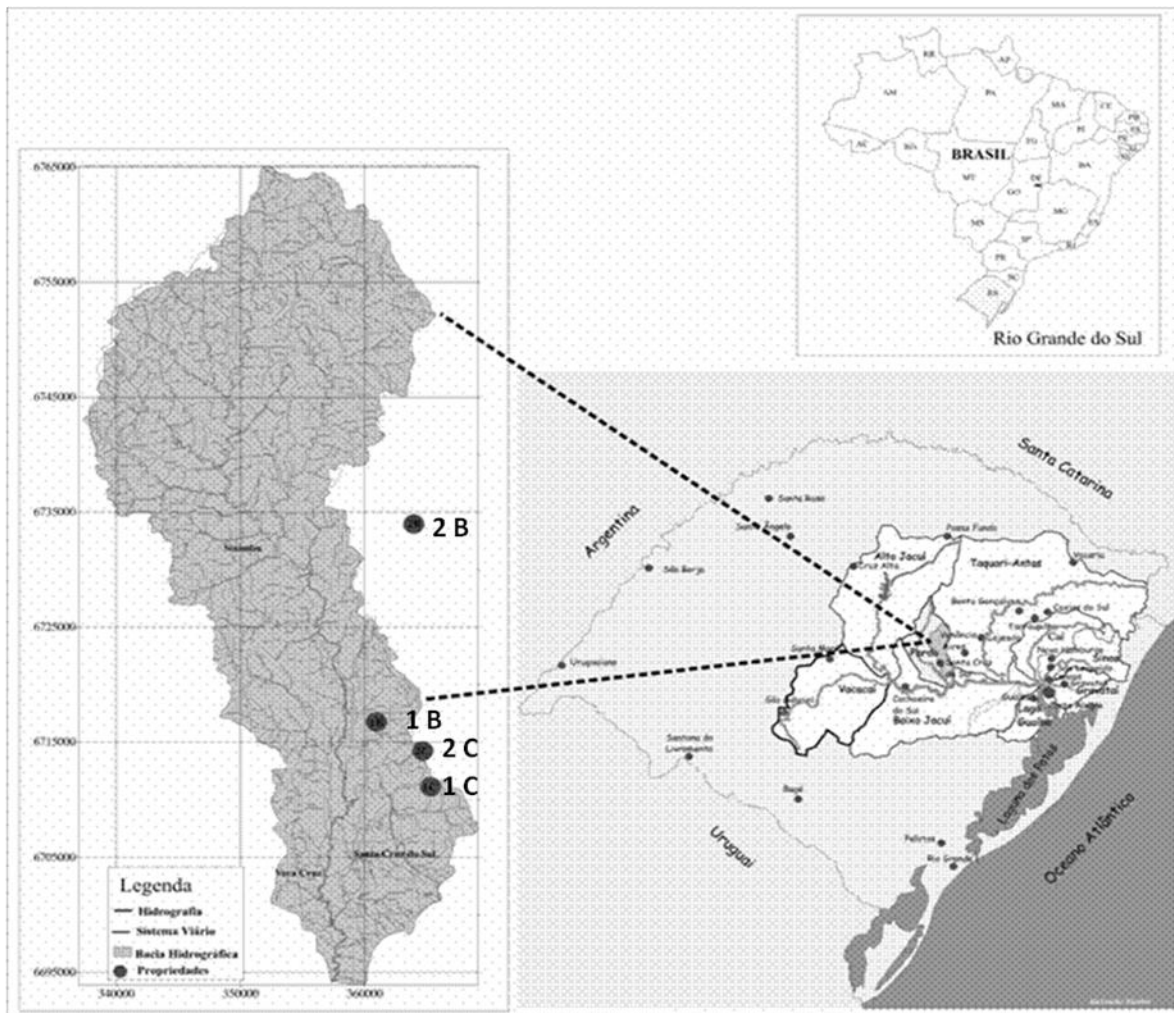


Figura 2. Mapa da localização das propriedades amostradas na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, RS: 1C = PCO1; 2C= PCO2; 1B = PBE1 e 2B = PBE2 (Laboratório de Geoprocessamento da UNISC).

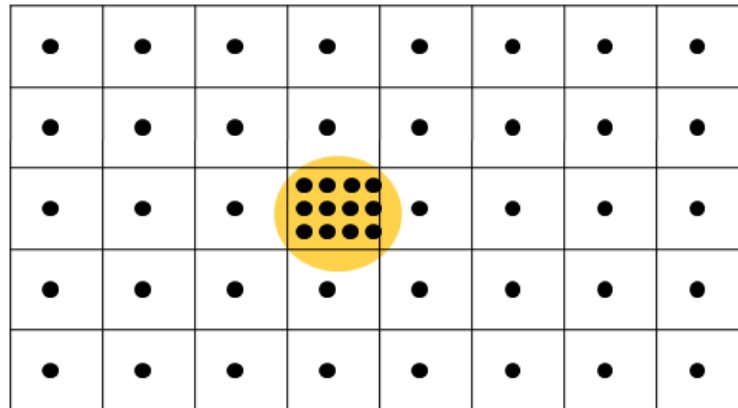


Figura 3. Sistematização dos pontos de amostragem e adensamentos de coleta nos pontos suspeitos de contaminação (área sombreada) (CETESB, 1999).

Cultura e manutenção da *E. fetida*

O cultivo foi iniciado com casulos adquiridos comercialmente da empresa Minhobox, de Juiz de Fora, MG, e realizado no laboratório de Ecotoxicologia da UNISC, com ambiente controlado de $18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 22\text{ }^{\circ}\text{C}$, e ciclos de luminosidade claro/escuro de 8h/16h de ± 400 lux no período claro, de acordo com as especificações da ABNT NBR 15537 (NBR, 2007) e ISO 11268-1 (ISO, 1993). Foram utilizadas caixas contempar (50 cm x 50 cm x 15 cm) perfuradas na tampa para permitir as trocas gasosas. O substrato foi formulado a base de esterco bovino e pó de casca de coco (marca comercial Golden Mix T80), na proporção de 1:1. A umidade, pH e a troca do substrato seguiram parâmetros descritos na norma ISO 17512-1 (ISO, 2007).

Após atingir a maturidade (± 3 meses), terem clitelo bem desenvolvido, peso corporal entre 300 a 600 mg, os indivíduos compuseram a matriz de reprodução. Os descendentes com idade entre 65 e 365 dias e peso corporal entre 300 e 600 mg foram utilizados nos ensaios. O cultivo foi inspecionado e autorizado pela superintendência regional do IBAMA, RS.

Testes de sensibilidade

Os organismos foram expostos a cinco concentrações: 20, 40, 60, 80 e 100 mg de Cloroacetamida kg^{-1} em Solo Artificial Tropical (SAT) - 10% pó de casca de coco; 20% de caulim de granulometria média; e 70% de areia fina - para a determinação da CL_{50} 14 dias. Cada concentração foi composta por 04 replicatas, 0,5 kg de SAT e 10 indivíduos

em cada uma (NBR, 2007). A análise dos resultados foi realizada através programa computacional Trimmed Spearman-Kärber (Hamilton *et al.*, 1977).

Testes de toxicidade aguda

As amostras de solo foram peneiradas utilizando uma malha de 04 mm, e após foram determinadas as seguintes variáveis: pH, umidade natural e a capacidade máxima de retenção de água. O pH e a umidade quando necessário foram corrigidos de acordo com a norma NBR (2007). Utilizou-se 04 replicatas com SAT (testemunha), e 04 replicatas para cada uma das amostras de campo (CT, CñC, BET, BEñC). Em cada recipiente foi colocado 0,5 kg de amostra. Foram expostos 10 indivíduos em cada uma das replicatas. O teste foi mantido em temperatura controlada ($18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 22\text{ }^{\circ}\text{C}$) e luminosidade ininterrupta (400 a 800 lux). A mortalidade foi observada no 7º e no 14º dia e o resultado expresso qualitativamente como tóxico ou não tóxico (NBR, 2007). Após a realização dos testes as amostras foram congeladas por 72 horas para descarte.

Ao final dos testes de 14 dias foi realizada a avaliação morfológica, comparando-se os indivíduos que sobreviveram ao ensaio com indivíduos provenientes das caixas de cultivo. Foram observados características tais como mudança de coloração, deformações corporais e erupções, dentre outras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características físico-químicas do solo

Os resultados das principais características dos solos das propriedades estudadas apresentam-se na tabela 2. PBE1 apresentou o valor de pH dentro da faixa ideal para o cultivo olerícola (entre 6 e 7), e PCO1 próximo ao recomendado, entretanto PBE2 e PCO2 apresentaram pH abaixo do recomendado (SBCS, 2004). Os valores da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) foram $26,9\text{ cmol L}^{-1}$ e $27,0\text{ cmol L}^{-1}$ para PBE1 e PBE2, respectivamente, entretanto o solo da PCO2, da mesma classe textural, apresentou uma CTC de apenas $13,0\text{ cmol L}^{-1}$. Segundo Mielniczuk *et al.* (2003) e Bayer & Mielniczuk (1997), a elevação da CTC está relacionada com os teores de Matéria Orgânica no Solo (MOS), sendo que a mesma também pode provocar uma histerese entre a adsorção e liberação de pesticidas na solução do solo, ou seja, retenção num primeiro momento, e liberação gradual destas substâncias no futuro (Worrall *et al.*, 2000).

Sensibilidade dos organismos

Os valores de CL₅₀ 14 dias (Tab. 3), ficaram entre 20 e 80 mg de cloroacetamida kg⁻¹ de SAT, sendo que de acordo com o indicado na norma NBR (2007), os organismos estavam aptos a serem utilizados nos testes.

Tabela 2. Resultado da análise dos solos e respectivas propriedades.

Propriedade	Classe	pH	MO %	Al cmol L ⁻¹	H+Al cmol L ⁻¹	CTC cmol L ⁻¹	% SAT. da CTC	
							Bases	Al
PBE1	3	6,00	5,00	0,00	3,50	26,90	87,00	0,00
PBE2	3	5,00	2,30	0,70	4,90	27,00	82,00	3,10
PCO1	2	5,80	1,60	0,00	3,10	17,50	82,10	0,00
PCO2	3	5,40	1,60	0,20	5,50	13,80	59,80	2,40

Datas de coleta e áreas suspeitas

Os locais suspeitos de contaminação, as datas de coleta, propriedades, ingredientes ativos e suas respectivas doses utilizadas estão relacionados na Tabela 4. Nas propriedades de bases ecológicas a resposta dos produtores em relação à aplicação de produtos químicos foi negativa, em função disso não foram identificadas áreas suspeitas.

Tabela 3. Datas e valores de CL₅₀ 14 dias da Cloroacetamida sobre *E. fétida*.

Data do teste (2010).	CL ₅₀ 14 ^o dias
Janeiro	41.18 mg kg ⁻¹
Junho	26,15 mg kg ⁻¹
Dezembro	44.66 mg kg ⁻¹

Toxicidade das amostras

Nas amostras das áreas não cultivadas, CñC e BEñC, não foi detectada mortalidade de nenhum organismos em nenhuma época, portanto, os solos não cultivados por mais de

cinco anos, não causaram toxicidade aguda aos organismos nas condições do experimento.

Nas parcelas testemunhas – SAT, livre de qualquer contaminante, e conduzido nas mesmas condições das amostras de campo - não ocorreu mortalidade de nenhum organismo em nenhuma época, servindo desta forma como parâmetro para a validação biológica do experimento.

Nas amostras BET's os ensaios realizados não revelaram toxicidade em nenhuma amostragem, mostrando que as atividades olerícolas praticadas sob bases ecológicas não causaram impacto ecológico sobre os organismos bioindicadores.

Duas das sete amostras CT, coletadas nas propriedades de cultivo convencional, apresentaram toxicidade conforme os resultados apresentados na Figura 4. Na coleta realizada em 20/02, depois de transcorridos 14 dias de exposição dos organismos às amostras, foi constatada a mortalidade de 100% dos indivíduos, desta forma o resultado foi classificado qualitativamente como tóxico de acordo com a norma NBR (2007).

De acordo com Vermeulen *et al.* (2001), o Mancozeb tem uma baixa toxicidade aguda para *E. fetida*, quando aplicado na dose de até 1800 g i. a. ha⁻¹. Reinecke *et al.*, (2002) avaliando o efeito de evitamento do Mancozeb sobre *E. fetida* observou que em baixas concentrações, equivalentes a 8 mg kg⁻¹ de solo, este produto causou alta taxa de fuga dos organismos. Um experimento realizado por De Silva *et al.* (2010), com minhocas da espécie *Perionyx excavatus* encontrou uma CL₅₀ de 500 mg i. a. kg⁻¹ e 541 mg i. a. kg⁻¹ de SAT para o Mancozeb, puro e formulado, respectivamente, revelando que esta espécie é mais sensível do que *E. fetida* e, portanto, os efeitos de toxicidade do Mancozeb podem ser mais danosos para outras espécies da fauna do solo. O Metalaxyl-M, segundo a EUROPEAN COMMISSION (2007), apresenta uma CL₅₀ 14 dias de 830 mg de i. a. kg⁻¹ de solo para minhocas, sendo considerado de baixa toxicidade. Para esta substância não existem muitos estudos com vistas a determinar a sua forma de atuação e impacto sobre os organismos edáficos. A CL₅₀ 14 dias para minhocas da Iprodiona é > 1000mg de i.a kg⁻¹ de solo (BAYER CROPSCIENCE, 2008), sendo considerado pouco tóxico para a espécie *E. fetida*. O valor da CL₅₀ 14 dias da Deltametrina para *E. fetida* foi de 432,9 mg de i.a kg⁻¹ de solo (Shi *et al.*, 2007), este resultado esta em desacordo com o valor encontrado pela EUROPEAN COMMISSION (2002) e FAO (2005), que foi > 1290 mg i.a kg⁻¹ de solo.

Desta forma, a mortalidade de 100% dos organismos encontrada não pode ser atribuída especificamente a nenhum dos produtos da mistura aplicada - Mancozeb + Metalaxyl-M + Iprodiona + Deltametrina - uma vez que individualmente eles possuem baixa toxicidade, porém a causa desta mortalidade pode ser atribuída ao efeito combinado destas substâncias pela ocorrência de efeito sinérgico tóxico entre elas.

Tabela 4. Propriedades, datas das coletas, áreas suspeitas, ingrediente (s) ativo(s) e doses utilizadas.

Propriedade	Data da coleta	Cultura ¹	Ingrediente(s) Ativo(s) utilizados	Dose utilizada g i. a. ha ⁻¹
PCO1	20 fevereiro	Alface	Mancozeb+Metalaxyl-M	512+32
			Iprodiona	600
			Deltametrina	42
PCO2	17 maio	Brócolo	Glyphosate	1440
PCO2	07 junho	Couve-flor	Paraquate	400
PCO1	16 agosto	Tomate	Mancozeb+Metalaxyl-M	512+32
			Iprodiona	600
			Deltametrina	42
			Imidacloprid	280
PCO1	28 outubro	Tomate	Mancozeb+Metalaxyl-M	512+32
			Abamectina	36
PCO1	14 novembro	Tomate	Tebuconazole	160
			Acefato	450
PCO2	27 dezembro	Couve-flor	Lambda-Cialotrina	125
PBE1	20 fevereiro	Misto	nd ²	nd
PBE1	17 maio	Misto	Nd	nd
PBE1	28 outubro	Misto	Nd	nd
PBE1	14 novembro	Misto	Nd	nd
PBE2	07 junho	Misto	Nd	nd
PBE2	18 agosto	Misto	Nd	nd
PBE2	27 dezembro	Misto	Nd	nd

¹ área suspeita de contaminação; ² não determinado.

Na amostra CT coletada em 28/10 depois de transcorridos 14 dias de exposição dos organismos às amostras, observou-se a mortalidade de 20% dos organismos (Fig. 4), sendo classificada qualitativamente como tóxica de acordo com a norma NBR (2007). Nesta data de coleta foi aplicada na cultura do tomate uma mistura de Mancozeb + Metalaxyl + Abamectina. Conforme já discutido, o Mancozeb e o Metalaxyl apresentam baixa toxicidade, porém alguns estudos de avaliação da toxicidade da Abamectina identificaram que este produto é causador de toxicidade aguda a minhocas (Sun *et al.*, 2005). Estes autores testaram a toxicidade aguda de Abamectina para *E. fetida*, e encontraram uma CL₅₀ de 17,6 mg kg⁻¹ de SAT, similar a CL₅₀ encontrada por Kolar *et al.* (2007), que foi de 18 mg kg⁻¹ de SAT para a espécie *E. andrei*. Nunes (2010)

avaliando a toxicidade da Abamectina em solo natural sobre minhocas da espécie *E. andrei*, encontrou 20% de mortalidade dos indivíduos na parcela onde foi utilizada uma concentração de 32,4 g de i.a ha⁻¹ de Abamectina. Este mesmo autor testou a toxicidade da Abamectina em SAT de acordo com a norma NBR (2007), e encontrou uma taxa de 100% de mortalidade na concentração de 14 mg kg⁻¹ de Abamectina em SAT.

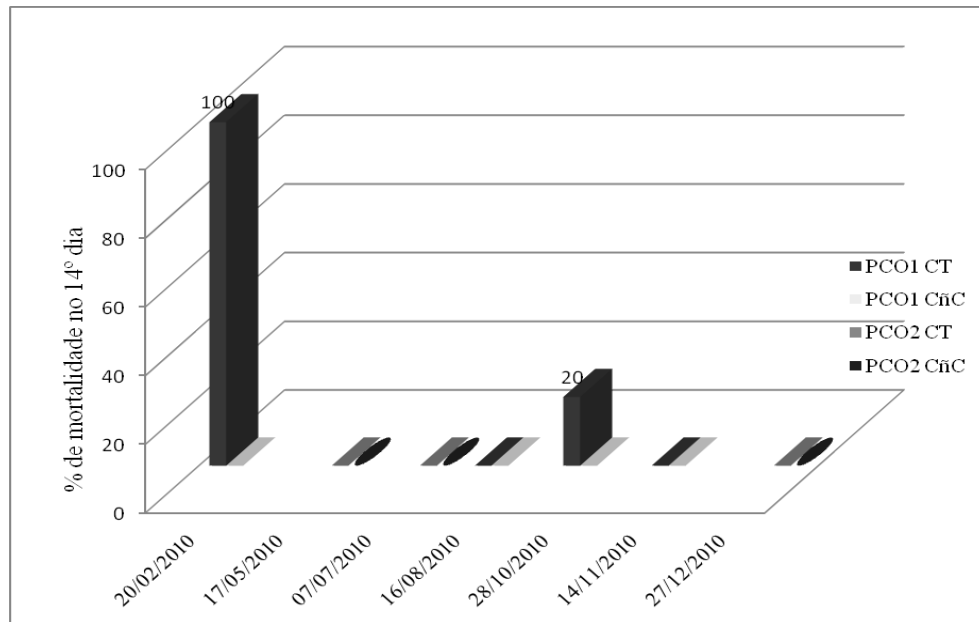


Figura 4. Mortalidade aos 14 dias do organismo *E. fetida* em amostras de solo coletadas em propriedades olerícolas familiares de Santa Cruz do Sul, RS.

A similaridade com os dados de outros experimentos de toxicidade da Abamectina reforça que o efeito observado na amostra coletada, após a utilização da Abamectina (36 g ha⁻¹), está relacionado com este agrotóxico. No Brasil, a ANVISA preocupada com os estudos relativos à toxicidade aguda, e a suspeita de toxicidade reprodutiva da Abamectina e de seus metabólitos, incluiu-a na lista para reavaliação, que deveria ter sido realizada no ano de 2008, porém os resultados ainda não foram divulgados (Nunes, 2010). Desta forma, a partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, não é recomendado o uso deste ingrediente ativo até que não se tenha uma nova avaliação oficial da periculosidade ambiental deste agrotóxico.

Alterações morfológicas

A amostra CT coletada em 28/10, além da mortalidade ocorrida, os indivíduos sobreviventes apresentaram baixa mobilidade e alterações morfológicas tais como afilamento das extremidades e deformações no clitelo (Fig. 5). Deformidades similares foram observadas por Ecobichon (1996) e Nunes (2010), os quais confirmaram que a intensidade das deformações foi tanto maior quanto maior a dose de Abamectina utilizada. Alterações morfológicas também foram observadas por Rao, Pavan & Madhaendra (2003), em relação ao agrotóxico Clorpyrifos. Rao & kavitha, (2004) identificaram que o agrotóxico Azodrin inibiu a atividade da enzima Acetilcolinesterase e também causou alterações morfológicas tais como afilamento das extremidades, alterações na coloração e deformações nos órgãos reprodutivos, sendo o efeito mais pronunciado quanto maior a dose do produto usada. Desta forma, as alterações morfológicas verificadas nos indivíduos nesta pesquisa expressam a potencialidade de contaminação crônica da Abamectina sobre *E. fetida*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram que o cultivo olerícola convencional, que utiliza elevada quantidade de agrotóxicos, causa danos aos organismos do solo, e conseqüentemente danos ambientais. Por outro lado, o solo das propriedades que utilizam sistemas de produção sob bases ecológicas, não apresentou toxicidade aguda aos organismos bioindicadores, portanto, a prática de cultivo utilizando enfoques conservacionistas é mais benéfica do ponto de vista da preservação ambiental e deveria ser mais utilizada e fomentada pelos órgãos de assistência técnica e extensão rural bem como pelas instituições de pesquisa.

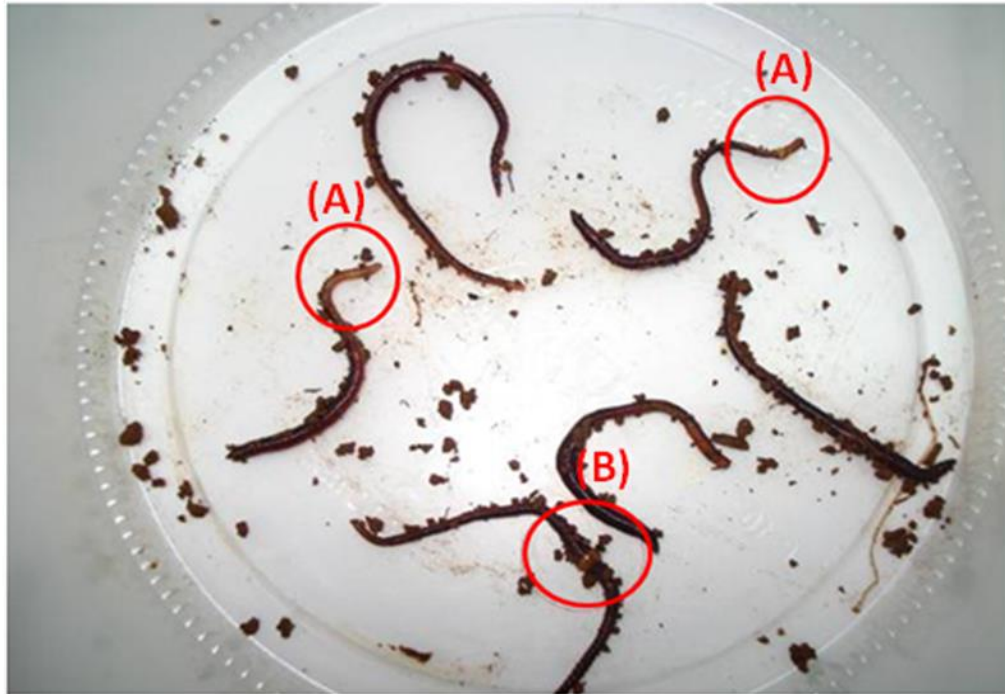


Figura 5. Deformidades observadas nos indivíduos sobreviventes ao teste de toxicidade realizado na amostra CT de 28/10/2010. (A) afilamentos nas extremidades; (B) deformação no clitelo.

REFERÊNCIAS

NBR 2007. ABNT NBR 15537 - Ecotoxicologia terrestre — Ecotoxicidade aguda — *Método de ensaio com minhocas: Especifica um método para avaliação da ecotoxicidade aguda para a espécie de minhoca Eisenia fetida, com amostras de solos e substâncias químicas.*

ALMEIDA, V. E. Soares de. *Agrotóxicos em hortaliças: segurança alimentar, riscos socioambientais e políticas públicas para promoção da saúde.* Tempus. Actas em Saúde Coletiva, Brasília, 4(4): 84-99. 2009.

ALVES, M. V.; SANTOS, J. C. P; GOIS, D. T; ALBERTON, J. V.; BARETTA, D. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 32(2): 589-598. 2008.

ANDREA, M. M. *O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solos*. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México, 26(2): 95-107. 2010.

ANDREA, M. M. de *Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos*. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/Bioindicadores/index.htm>. Acesso em: 21/6/2011

BAYER CROPSCIENCE. Ecological Information of ROVRAL® 750 WG. 2008.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21:105-112. 1997.

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

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Amostragem do solo 6300*. São Paulo, 1999.

CORREA, C. L.; LEMONICA, I. P.; ZAMBRONE, F. A. D.; CAMARGO, J. L. V. *Bases científicas para a avaliação da toxicidade de agrotóxicos: Guidance for pesticide toxicity evaluation*. Internacional Life Science Institute, 2009.

DE SILVA, P. M. C.; PATHIRATNE, A.; VAN GESTEL, C. A. M. *Toxicity of chlorpyrifos, carbofuran, Mancozeb and their formulations to the tropical earthworm *Perionyx excavatus**, *Applied Soil Ecology*. 44: 56–60. 2010.

ECOBICHON, D. J. “*Toxic Effects of Pesticides*.”. Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. Ed. Klaassen C.D. and Doull J. 5th ed. New York: MacMillan, 1996.

EUROPEAN COMMISSION. Health & Consumer Protection Directorate General. *Review report for the active substance deltamethrin*. Committee on the Food Chain and Animal Health at its meeting on 18 October 2002. Disponível em: http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/existactive/list1-31_en.pdf

EUROPEAN COMMISSION. Health & Consumer Protection Directorate General. *Review report for the active substance metalaxyl-M*. Committee for the Food Chain and Animal Health at its meeting on 19 April 2007. Disponível em: http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/newactive/list1-15_en.pdf

FAO. *Specifications and evaluations for agricultural pesticides. deltamethrin (s)- α -cyano-3-pHenoxybenzyl(1R,3R)-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate*, (2005). Disponível em <http://www.fao.org/ag/AGP/agpp/Pesticid/Specs/docs/Pdf/new/Deltamethrin07.pdf> acessado em 10/04/2011.

GOLDONI, M.; JOHANSSON, C. A mathematical approach to study combined effects of toxicants in vitro: Evaluation of the Bliss independence criterion and the Loewe additivity model. *Toxicology in Vitro*, 21: 759- 769. 2007.

HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.C.; THURSTON, V. Trimed Spearman-Karber method for estimating medial lethal concentrations in toxicity bioassays. *Environ. Sci. Technol.*, 7: 714-719. 1977.

ISO 1993. ISO 11268-1. International organization for standardization. Soil-quality – *Effects of pollutants on earthworms (Eisenia fetida) – Part 1: Determination of acute toxicity using artificial soil substrate*. Geneve. 1993.

ISO 2007. ISO 17512-1. Qualidade do solo – *Testes de fuga para analisar a qualidade dos solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento - teste com minhocas (Eisenia fetida e Eisenia andrei)*. 2007.

KOLAR, L.; ERZEN, N. K. E.; HOGERWERF, L., CORNELIS A. M. V. *Toxicity of abamectin and doramectin to soil invertebrates*. Laboratory of Forensic Toxicology and Ecotoxicology, Veterinary Faculty, University of Ljubljana. Ljubljana Slovenia. Institute of Ecological Science, Amsterdam, 2007.

LOUREIRO, S.; ROMBKE, J.; SOARES, A. M. V. Testes de resposta de evitamento: a capacidade de escolha de um solo com melhor qualidade. In: DUARTE, A.; SANTOS, T. R., PANTELEITCHOUK, A.; PREGO, R. (Eds.), *Ecotoxicologia e remoção de poluentes: estudos na Península Ibérica*. Instituto Piaget, Lisboa. 47-53. 2002.

LYDY, M., BELDEN, J.; WHELOCK, C.; HAMMOCK, B.; DENTON, D. Challenges in regulating pesticide mixtures. *Ecology and Society*, 9(6): 1. 2004.

LOVATTO, P. B.; ETGES, V. E.; KARNOPP, E. A natureza na percepção dos agricultores familiares do município de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil: algumas perspectivas para o Desenvolvimento Regional Sustentável. *Redes*, Santa Cruz do Sul, 13(1): 225 – 249. 2008.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F. F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ V., V. H. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 3: 209-248. 2003.

NASCIMENTO, E. R; YAMASHITA, O. M. Desenvolvimento inicial de olerícolas cultivadas em solos contaminados com resíduos de 2,4-d + picloram. *Ciências Agrárias*, Londrina, 30(1): 47-54, 2009.

NUNES, M. E. T. *Avaliação dos efeitos de agrotóxicos sobre a fauna edáfica por meio de ensaios ecotoxicológicos com Eisenia andrei (Annelida, Oligochaeta) e com comunidade natural do solo*. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 175 p. 2010.

OECD. Organization for Economic Co-operation and Development. Guideline for testing of chemicals. Test nº 207: *Earthworm, Acute Toxicity Tests*. Published by: OECD Publishing. 9 p. 1984.

PAOLETTI, M. G. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agric., Ecosyst. Environ.*, Amsterdam, 74:1 – 18. 1999.

PAPINI, S.; ANDREA, M. M. Ação de minhocas *Eisenia foetida* sobre a dissipação dos herbicidas simazina e paraquat aplicados no solo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online], 28(1): 67-73. 2004.

RAO, J. V; PAVAN, Y. S; MADHAVENDRA, S. S. *Toxic effects of chlorpyrifos on morphology and acetylcholinesterase activity in the earthworm, Eisenia foetida*.

Toxicology Unit, Biology Division, Indian Institute of Chemical Technology, Hyderabad 500 007, India. 2003.

RAO, J. V.; KAVITHA; *Toxicity of azodrin on the morphology and acetylcholinesterase activity of the earthworm Eisenia foetida*. Toxicology Unit, Biology Division, Indian Institute of Chemical Technology, Hyderabad 500-007, India. 2004.

REINECKE, A. J.; MABOETA, M. S.; VERMEULEN, L. A.; REINECKE, S. A. Assessment of Lead Nitrate and Mancozeb Toxicity in Earthworms Using the Avoidance Response. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. Science. Springer, New York, 68(6). 779-786. 2002.

SPADOTTO, C. A; GOMES, M. A. F. Impactos ambientais de agrotóxicos monitoramento e avaliação. *Avaliação de impactos ambientais*, São Paulo, 6: 12-121. 2004.

SBCS. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. *Comissão de química e fertilidade do solo*. 10ª ed Porto Alegre, 2004.

SCHRECK, E.; GERET, F.; GONTIER, L.; TREILHOU M. Neurotoxic effect and metabolic responses induced by a mixture of six pesticides on the earthworm *Aporrectodea caliginosa nocturna*, *Chemosphere*, 10 (71): 1832-1839. 2008.

SHI, Y.; SHI Y.; WANG, X.; LU, Y.; SHIFA, Y.; Comparative effects of lindane and deltamethrin on mortality, growth, and cellulase activity in earthworms (*Eisenia fetida*). Department of Bio-chemistry Engineering, Liaoning Institute of Science and Technology. Benxi, Liaoning, 89: 31–38. 2007.

SINGH, P.; GHOSHAL, N.; Variation in total biological productivity and soil microbial biomass in rainfed agroecosystems: *Impact of application of herbicide and soil amendments*. Centre of Advanced Study in Botany, Department of Botany, Banaras Hindu University, Varanasi, India. 2010.

SISINNO, C. L. S.; BULUS, M. R. M.; RIZZO, A. C.; MOREIRA, J. C. Ensaio de comportamento com minhocas (*Eisenia fétida*) para avaliação de áreas contaminadas:

resultados preliminares para contaminação por hidrocarboneto. *J. Braz. Soc. Ecotoxicol.*, (1)2: 137 – 140. 2006.

STORER, T. I.; USINGER, L. R.; STEBBINS, R. C.; NUBAKKEN, J. W. *zoologia geral*. 6 ed. *companhia editora nacional*, são paulo. 1984. 816pp.

SUN, Y., DIAO, X., ZHANG, Q., SHENG, J. Bioaccumulation and elimination of avermectin B 1a in the earthworm (*Eisenia fetida*). *Chemosphere*, 60: 699–704. 2005.

VERMEULEN L. A.; REINECKE A. J.; REINECKE S. A. Evaluation of the Fungicide Manganese-Zinc Ethylene Bis(dithiocarbamate) (Mancozeb) for Sublethal and Acute Toxicity to *Eisenia fetida* (*Oligochaeta*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, South Africa, 48:183-189. 2001.

WORRALL, F.; PEREZ, M. F.; JOHNSON, A.C.; CESPAREDES, F.F.; PRADAS, E. G. *Limitations on the role of incorporated organic matter in reducing pesticide leaching*. *Journal of Contaminant Hydrology*. Department of Geological Sciences, South Road, Durham, 241–262. 2001.

ZHOU, S.; DUAN, C.; MICHELLE, W. G.; YANG, F.; WANG, X. Individual and combined toxic effects of cypermethrin and chlorpyrifos on earthworm. *Journal of Environmental Sciences*, 23(4): 676-680. 2011.