



Ministério da Educação - MEC
Secretaria de Educação Tecnológica – SETEC
Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes/MG – EAFI/MG

SARA DE SOUZA BITTENCOURT RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS ECOTOXICOLÓGICOS DO HERBICIDA
ATRAZINA NORTOX 50 SC SOBRE A ESPÉCIE *Eisenia foetida*
(ANNELIDA: OLIGOCHAETA)**

INCONFIDENTES-MG
DEZEMBRO de 2008

SARA DE SOUZA BITTENCOURT RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS ECOTOXICOLÓGICOS DO HERBICIDA
ATRAZINA NORTOX 50 SC SOBRE A ESPÉCIE *Eisenia foetida*
(ANNELIDA: OLIGOCHAETA)**

Monografia apresentada como pré-requisito de conclusão do curso de Gestão Ambiental da Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, MG para a obtenção do título de Tecnóloga em Gestão Ambiental.

Orientador: Dr. Luiz Carlos Dias Rocha
Co-orientador: Dr. Ademir José Pereira

**INCONFIDENTES-MG
DEZEMBRO de 2008**

SARA DE SOUZA BITTENCOURT RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS ECOTOXICOLÓGICOS DO HERBICIDA
ATRAZINA NORTOX 50 SC SOBRE A ESPÉCIE *Eisenia foetida*
(ANNELIDA: OLIGOCHAETA)**

DATA DE APROVAÇÃO: _____ de _____ 2008

Dr. Luiz Carlos Dias Rocha
ORIENTADOR
Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, EAFI, MG

Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola
Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, SP

Dr. Ademir José Pereira
Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, EAFI, MG

*Aos meus pais, Agnaldo e Sandra,
e aos meus irmãos,
as pessoas mais importantes da minha vida*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelas grandes oportunidades que tive em toda a minha e sempre pude aproveitá-las, quando possível e da melhor maneira.

A minha família, meus pais e irmãos, pela ajuda incondicional que me deram, nesses três anos, e todo o esforço que fizeram para me dar sempre o melhor e a confiança que em mim depositaram.

Aos responsáveis pela UEP-Unidade Educativa de Produção-OLERICULTURA, técnico Ronaldo Reali e ao Senhor Benedito Ferreira da Silva, o seu Dito, por permitirem a realização do experimento na unidade e por me darem total apoio, o meu obrigado.

Não poderia jamais esquecer de citar meus grandes amigos que me acompanharam em todo o projeto: Carlos Alexandre Fiorillo, Thiago Augusto Silva, Gilberto Eufrásio do Couto, Bruna Mélega, Luisa Mantovani, Felipe Godoy e ao querido amigo Antonez Jorge, que sempre cuidava das minhas mudinhas quando eu me ausentava. Muito obrigado à todos vocês.

À minhas grandes e eternas amigas, Gabrielle Corrêa Guimarães (Bia) e Rafaela Teodoro (Rafinha), pela amizade sincera, companheirismo, ajuda e carinho nestes três anos de estrada. Se por acaso a vida traçar caminhos diferentes, nos afastando um dia, a nossa amizade nos reaproximará de novo e juntas construiremos tudo de novo, porque somos únicas e inesquecíveis. Valeu meninas, por tudo.

A professora Lucia Ferreira, pelo apoio, incentivo, muito obrigada.

Ao meu grande companheiro Rafael Almeida, por sempre me apoiar incondicionalmente, Amigo para todas as horas! Meus sinceros agradecimentos meu amor.

À Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo/USP, na pessoa do Professor Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola, pela confiança mais uma vez em mim depositada, pela paciência e ajuda, pelos ensinamentos, por ter me recebido em sua instituição e me apoiado neste projeto, junto ao laboratório de Ecotoxicologia do NEEA/CRHEA, os meus sinceros agradecimentos.

A Natália Costa de Lima, Danilo Barbosa e Maria Edna Tenório Nunes, pela grande ajuda na realização dos testes no laboratório de ecotoxicologia do CRHEA, os mais que sinceros agradecimentos e minhas desculpas, caso tem havido alguns falhas, mas faz parte do aprendizado, é necessário.

E aos meus grandes e eternos mestres, o Professor Dr. Luiz Carlos Dias Rocha e o Professor Dr. Ademir José Pereira, nem sei como agradecer tanta ajuda, dedicação, apoio e,

sobretudo, a grande amizade, sinceridade e paciência. Sem a ajuda de vocês jamais seria possível a realização deste trabalho. Meu sincero obrigado.

E a todos que de forma indireta contribuíram para a realização desta pesquisa. Muito Obrigado à todos.

"A maior vitória na competição é derivada da satisfação interna de saber que você fez o seu melhor e que você obteve o máximo daquilo que você deu."

Howard Cosell

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRAT	ii
LISTA DE TABELAS	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1 Agrotóxicos	4
3.2 A contaminação ambiental por compostos químicos	8
3.2.1 Contaminação dos solos	9
3.2.2 Contaminação por Agrotóxicos	11
3.3 Atrazina Nortox®.....	15
3.4 Mecanismos de adsorção e adesão do herbicida	17
3.5 Cultura do Milho	19
3.6 Contaminação dos organismos do solo	19
3.7 Estudos ecotoxicológicos com organismos terrestres	20
3.8 Organismos testes.....	21
3.9 As minhocas como organismos-testes.....	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 Caracterização da área.....	24
4.2 Coleta das amostras de solo.....	24
4.3 Condução dos bioensaios	25
4.3.1 Aplicação do composto em recipientes-testes com plantas de milho.....	25
4.3.2 Coleta de solo para teste ecotoxicológico.....	27
4.4 Os testes de toxicidade	27
4.4.1 Manutenção dos organismos.....	27
4.4.2 Testes de toxicidade aguda	28
4.4.3 Teste de sensibilidade	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Teste de sensibilidade utilizando Cloroacetamida	30
5.2 Teste de toxicidade aguda utilizando Atrazina – Mortalidade	30
5.3 Teste de toxicidade utilizando biomassa	32
6. CONCLUSÃO	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
8. ANEXOS	41

RESUMO

Devido à grande expansão agrícola visando o acréscimo da produção em quantidade e qualidade, o Brasil se tornou um dos maiores consumidores de pesticidas do mundo. No entanto, a interação dos compostos químicos e o solo ainda é pouco estudada, verificando-se que a persistência dos pesticidas no meio edáfico e a exposição dos organismos não-alvos aos compostos por meio da inserção destes produtos no meio ambiente tem sido foco de algumas pesquisas nos últimos anos. Essa contaminação do ambiente edáfico, e conseqüentemente dos organismos nele presente, não pode ser quantificada somente pela realização de análises físicas, químicas e microbiológicas, por isso a necessidade de testes padronizados para se verificar o grau de contaminação que pode vir a causar prejuízos os organismos do solo. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a interação do herbicida Atrazina Nortox® em diferentes concentrações, aplicado sobre o solo cultivado com milho e os possíveis efeitos deste composto sobre minhocas da espécie *Eisenia foetida*, por meio de testes agudos. O composto Atrazina foi aplicado sobre o solo acondicionado em vasos que receberam oito sementes de milho cada. O cultivo se deu por um período de dois meses e as amostras de solo para a realização dos testes de toxicidade aguda foram retiradas aos 30 e 60 dias após aplicação do herbicida, visto que a meia vida do herbicida em Latossolo Vermelho Escuro é de 54 dias. Em laboratório, as minhocas foram submetidas ao teste agudo e posterior avaliação foi realizada para verificar os possíveis efeitos do composto sobre a mortalidade e perda de peso. O composto testado não causou efeito tóxico significativo sobre a mortalidade das minhocas e também sobre os parâmetros sub-letais como perda de peso, concluindo que o herbicida Atrazina Nortox® não foi tóxico para as minhocas da espécie *Eisenia foetida* nas condições experimentais e nas concentrações testadas.

Palavras-chave: ecotoxicologia, *Eisenia foetida*, herbicida, contaminação, testes de toxicidade aguda.

ABSTRACT

Due to major expansion aimed at increasing agricultural production in quantity and quality, Brazil has become one of the largest consumers of pesticides in the world. However, the interaction of chemical compounds and the soil is still little studied, noting that the persistence of pesticides in the soil and exposure of non-target compounds through the insertion of these products in the environment has been the focus of some research in recent years. This contamination of the soil environment, and therefore of bodies in it this can not be measured only by the completion of physical, chemical and microbiological tests, the need for standardized tests to determine the degree of contamination that may cause damage to the bodies soil. In this context, this study aimed to evaluate the interaction of the herbicide Atrazine Nortox ® in different concentrations, applied on the soil cultivated with maize and the possible effects of this compound on the earthworm species *Eisenia foetida*, by testing acute. The compound Atrazine was applied on the ground wrapped in pots that received eight maize seeds each. The cultivation took place over a period of two months and in soil samples for the tests of acute toxicity was withdrawn at 30 and 60 days after application of herbicide, as the half life of the herbicide in Oxisol Dark is 54 days. In the laboratory, the worms were subjected to the acute test and subsequent evaluation was performed on the possible effects of the compound on mortality and weight loss. The compound tested caused no significant toxic effect on the mortality of worms and also on the sub-lethal parameters such as weight loss, concluding that the herbicide Atrazine Nortox ® was not toxic to earthworms *Eisenia foetida* in the species concentrations.

Key words: ecotoxicology, *Eisenia foetida*, contamination, tests for toxicity.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Limites máximos permitidos de resíduos de agrotóxicos no solo.	15
TABELA 2. Principais espécies de plantas invasoras controladas pelo herbicida Atrazina Nortox ® (MAPA, 2008).....	17
TABELA 3. Épocas de aplicação e doses utilizadas do produto para diferentes culturas e suas quantidades em quilogramas (Kg) ou em ingrediente ativo (i.a).	17
TABELA 4. Nutrientes utilizados na adubação química do solo e suas respectivas dosagens.	25
TABELA 5. Tratamentos utilizados, doses empregadas nos estudos e descrição dos tratamentos (mg/kg) por vaso	27
TABELA 6. Mortalidade de espécimes de <i>E. foetida</i> quando submetidos ao teste de sensibilidade com cloroacetamida em duas avaliações com intervalos de 7 dias.	30
TABELA 7. Mortalidade de espécimes de <i>E. foetida</i> após 7 e 14 dias de exposição ao solo contaminado coletado após 30 dias de aplicação utilizando diferentes dosagens de Atrazina Nortox®.....	31
TABELA 8. Mortalidade de espécimes de <i>E. foetida</i> após 7 e 14 dias de exposição ao solo coletado após 60 dias de aplicação utilizando diferentes dosagens do herbicida Atrazina Nortox®.....	32
TABELA 9. Peso inicial, peso final e diferença de peso (g) de espécimes de <i>E. foetida</i> após 14 dias em contato com solo contaminado coletado aos 30 dias após a aplicação do herbicida com diferentes dosagens de Atrazina Nortox®.....	33
TABELA 10. Peso inicial, peso final e diferença de peso (g) de espécimes de <i>E. foetida</i> após 14 dias em contato com amostras de solo contaminado coletado aos 60 dias após a aplicação do herbicida em diferentes dosagens de Atrazina Nortox®.....	33

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, devido à grande expansão agrícola e a necessidade do emprego de grandes quantidades de pesticidas, visando acréscimo na produtividade, o Brasil se tornou um dos maiores consumidores de pesticidas do mundo. Entretanto, ainda são poucos os estudos sobre a interação da maior parte desses produtos com os diferentes tipos de solo do Brasil (ARANTES et al., 2006), bem como seus efeitos sobre a comunidade edáfica.

A necessidade da utilização de produtos químicos no controle de pragas e doenças fez com que o Brasil se torna-se um dos maiores consumidores, estes compostos só podem ser vendidos mediante registro em órgão federais, ligados à setores de saúde, meio ambiente e agricultura.

Estes compostos quando inseridos no solo provocam alterações nas suas características químicas, físicas e biológicas, que podem ainda acarretar em contaminação de corpos hídricos e dos organismos presente nestes ecossistemas. Qualquer produto quando inserido que não atinja o seu alvo, não terá, portanto o seu efeito desejado, sendo considerado como fonte de contaminação e uma forma de perda.

Para avaliar o grau de contaminação dos produtos inseridos no meio e seus possíveis efeitos sobre os organismos, têm-se utilizado de estudos ecotoxicológicos com organismos vivos, avaliando o grau de toxicidade daquele produto sobre ele.

A presença dos compostos no solo pode ser quantificada por meio de análises físicas, químicas e microbiológicas, no entanto, para o diagnóstico dos efeitos causados sobre os organismos deve-se utilizar de estudos ecotoxicológicos com organismos terrestres.

A contaminação ocorrida no meio ambiente tem se tornado motivo de preocupação para toda a sociedade devido aos relatos de episódios críticos de contaminação do solo por todo o mundo, por isso estudos sobre os riscos ocorridos devem ser analisados para melhor precaução dos possíveis efeitos que essa contaminação pode trazer especialmente aos organismos que vivem no solo.

Atualmente, já existem organismos padronizados para esses tipos de testes, nas quais consistem em conhecer os efeitos que determinados compostos podem trazer aos organismos vivos, particularmente sobre as populações e as comunidades inseridas nos seus ecossistemas (SANTOS, 2003).

Os testes ecotoxicológicos com organismos terrestres estão sendo muito utilizados na avaliação dos possíveis efeitos que os compostos químicos podem trazer aos organismos dos solos, nas quais são sensíveis a uma gama deles. A avaliação ecotoxicológica é considerada como uma importante ferramenta na avaliação de agentes químicos sobre a comunidade edáfica.

Os testes ecotoxicológicos terrestres já padronizados utilizam como organismo vivo, as minhocas, por serem indicadoras de qualidade de solo e possuírem, dentre outras características, viáveis para serem utilizados em testes laboratoriais, tendo também facilidade de estudos. A espécie padronizada pelos testes internacionais é *Eisenia foetida* (Annelida: Oligochaeta), mais conhecida como minhoca vermelha californiana, este tipo de espécie tem sido muito utilizado devido a sua ampla faixa de sensibilidade, abundância e disponibilidade, além do que elas são bem adaptadas a ambientes adversos.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve por objetivo geral fazer uma revisão bibliográfica sobre os possíveis efeitos da contaminação ambiental por agrotóxicos e suas implicações sobre os organismos terrestres por meio dos testes ecotoxicológicos utilizando herbicida Atrazina Nortox®.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar os efeitos do herbicida Atrazina Nortox® diluída em várias concentrações através de testes ecotoxicológicos por meio da utilização de minhocas da espécie *Eisenia foetida* em testes agudos (7 e 14 dias).
- Avaliar a possível degradação do herbicida Atrazina Nortox®, considerando sua meia vida e seus efeitos sobre os organismos testes, se houve ou não degradação comparando com sua meia-vida.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Agrotóxicos

Os agrotóxicos são substâncias químicas (pesticidas, fungicidas, herbicidas e adubos químicos) utilizadas na produção agrícola e na pastagem, com a finalidade de alterar a composição destes e, assim, preservá-los da ação danosa de pragas e doenças, que podem reduzir os danos econômicos diminuindo a produtividade agrícola.

O consumo de agrotóxicos no Brasil aumentou consideravelmente devido a grande área cultivada, a indústria de defensivos agrícolas encerrará o ano de 2007 com um crescimento assustador, na ordem de desenvolvimento de 25%, já a expansão para o ano de 2008 é esperado de 8 à 10% na taxa de crescimento. Em outubro de 2007 o setor vendeu R\$ 7,7 milhões de defensivos, com uma ordem de 26,5% maior comparada com o mesmo período do ano anterior (BATISTA, 2007).

Segundo FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação), o Brasil é o quarto maior consumidor de agrotóxicos do mundo, o que está relacionada à expansão agrícola adotada no país.

Segundo PERES & MOREIRA (2007), a utilização em larga escala de agrotóxicos tem trazido uma série de problemas ambientais, com impactos significativos na biota e riscos eminentes ao homem. Ainda segundo os autores um dos efeitos mais indesejáveis é a eliminação de espécies que não interferem nos processos de produção que se tenta controlar, que são as espécies não alvos, dentre as quais se inclui a espécie humana.

As regiões que mais consomem esses produtos são as regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste, destacando-se o Estado de São Paulo como sendo a região maior consumidora, seguida do Paraná e depois Minas Gerais (SPADOTTO et al., 2004)

As culturas que merecem destaque devido à grande área cultivada e conseqüentemente à utilização de grandes quantidades de agrotóxicos são as culturas da soja, do milho e cana de açúcar, as quais representam uma grande fonte de contaminação ambiental

devido a grande área cultivada (SPADOTTO et al., 2004).

Durante a Segunda Guerra Mundial e a consolidação do padrão tecnológico da agricultura moderna daquela época, os agrotóxicos tiveram uma grande importância no desenvolvimento da indústria mundial (SPADOTTO, 2006). O padrão estabelecido naquela época era o da utilização de agroquímicos, sempre visando à produção em larga escala e com alto potencial de rendimento, sempre tendo em mente o lucro como sendo o principal, deixando de lado o meio ambiente e a saúde daqueles que consumiriam os produtos (SPADOTTO, 2006).

Ainda segundo o autor os agrotóxicos além de cumprirem com o seu papel de proteger as culturas, ainda podem oferecer riscos a saúde humana e ao ambiente, quando aplicados incorretamente. Os usos incorretos destes compostos podem acarretar em sérios problemas de contaminação, sejam elas do solo, das águas superficiais e subterrâneas. Segundo a Lei Federal que define o termo agrotóxico, ela engloba todas as suas categorias como sendo: inseticidas, acaricidas, nematocidas, fungicidas, bactericidas, herbicidas, dentre outros.

A Lei Federal nº 7.802 de 11/07/89, regulamentada pelo Decreto nº 98.816, no seu Artigo 2º, Inciso I, define agrotóxicos como sendo: *“Produtos e componentes físicos, químicos e biológicos destinados ao seu uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas e de outros ecossistemas e também em ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja a finalidade seja alterar a composição da flora e fauna, a fim de preservar - lá da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, desseccantes, estimuladores e inibidores de crescimento”* (BRASIL, 2002).

Ainda nesta Lei consta que os agrotóxicos só podem ser utilizados mediante registros em órgãos federais competentes, de acordo com as exigências dos órgãos responsáveis pelo setor de saúde pública, do meio ambiente e da agricultura. As análises de toxicidade realizadas para os registros deveriam ser mais específicos, incorporando diferentes organismos inseridos nos seus respectivos ecossistemas, podendo assim fazer extrapolações para todo o meio.

Com essas características, os agrotóxicos podem ainda atingir não só os seus objetivos de uso como a eliminação de pragas e doenças da cultura, mais sim outros organismos que podem ser benéficos ao ecossistema, além do que podem bioacumular metabólitos nesses organismos não alvos, transmitindo assim a outros membros da cadeia alimentar através do processo de biomagnificação.

De acordo com SANTOS (2003), os pesticidas são enquadrados em classes em função de dois parâmetros: uma categoria baseada na periculosidade ambiental e outra baseada nos riscos oferecidos a saúde humana.

Segundo a portaria Normativa do IBAMA nº 84 (15/10/96) ¹ na qual diz respeito quanto aos critérios utilizados para efeitos de registro e avaliação do potencial de periculosidade ambiental dos agrotóxicos, baseado nos parâmetros de bioacumulação, persistência, transporte, toxicidade a diversos organismos, potencial mutagênico, teratogênico e carcinogênico, obedecendo à seguinte graduação:

- Classe I = Produto altamente Tóxico;
- Classe II = Produto muito Tóxico;
- Classe III = Produto Perigoso;
- Classe IV = Produto pouco perigoso.

A contaminação ambiental advinda do emprego de compostos químicos é a principal preocupação nos dias de hoje, ainda mais com seu uso inadequado, devendo ser adotado precauções quanto a sua utilização. A disposição final, inadequada e sem comprometimento com o meio ambiente é a principal preocupação quanto à utilização destes produtos.

No entanto, cabe ao Ministério da Saúde, por meio da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), proceder à avaliação toxicológica que se compõe em duas etapas (BECKMANN, 2004):

a) Classificação toxicológica: se baseiam nos dados de toxicologia aguda do produto técnico e da formulação. Dependendo dos resultados dos testes, os produtos podem ser classificados em uma das quatro classes toxicológicas abaixo:

CLASSE I – extremamente tóxico – faixa vermelha;

CLASSE II – altamente tóxico – faixa amarela;

CLASSE III – moderadamente tóxico – faixa azul;

CLASSE IV – pouco tóxico – faixa verde.

b) Avaliação toxicológica propriamente dita: tem por finalidade analisar estudos realizados com animais de laboratório para posteriormente fazer extrapolação para a espécie humana, por meio do cálculo da Ingestão Diária Aceitável (IDA).

¹ Site: www.projetoselva.com.br/normas/portibama84_96.doc

Antes as necessidades quanto à avaliação ambiental de um agrotóxico era somente restrita quanto ao seu potencial de periculosidade, baseando-se em dados toxicológicos, mas agora há uma necessidade com relação à legislação vigente em se fazer a reavaliação de risco ecológico levando em consideração os diferentes compartimentos do meio ambiente, em função dos dados ecotoxicológicos aplicados a diferentes organismos e os possíveis efeitos sobre os mesmos (SPADOTTO, 2006).

Os agrotóxicos possuem diferentes toxicidades, pois são muito variáveis, em função das diferentes propriedades em que ele pode interagir, podendo se transformar em metabólitos mais tóxicos ou desaparecer completamente. Esta interação com as diferentes características do meio pode fazer com que os agrotóxicos entrem em contato com os organismos presentes podendo ser tóxicos para alguns e inócuos para outros.

Este tipo de contaminação pode acarretar na morte tanto de organismos terrestres quanto aquáticos, podendo ainda mudar a dinâmica bioquímica de alguns compostos tornando-os mais resistentes, afetando com isso todo o ecossistema.

Segundo SPADOTTO (2006) qualquer quantidade de agrotóxico que não atinja o alvo não terá o efeito desejado e representará uma forma de perda e uma fonte de contaminação, sendo que o destino do agrotóxico no meio ambiente é governado por processos de retenção (sorção e adsorção), de transformação (degradação química e biológica) e de transporte (deriva, volatilização, lixiviação e carreamento superficial) e por interação desses processos com o meio onde estão inseridos.

A maioria dos pesticidas não sofre degradação biológica, podendo estar presente no meio sendo muito tóxico e nocivo para a biota. Existem evidências incontestáveis de que o uso de pesticidas na agricultura tem sido responsável pela maior parte da perda de qualidade de água e do ecossistema onde são lançados, quando aplicados incorretamente (STRUJAK & VIDAL, 2006).

Diversos autores têm relatado que a contaminação por produtos químicos podem ocorrer através de pulverizações aéreas, pela lixiviação através da água no solo, através da erosão e pelo descarte e lavagem de tanques e embalagens, sendo assim caracterizado como uma forma de perda e uma fonte de contaminação, já que sua função não está sendo realizada (FILIZOLA et al., 2002 e SPADOTTO, 2006).

O monitoramento de agrotóxicos no ambiente é uma ferramenta importante para a caracterização e o gerenciamento dos riscos ambientais decorrentes do uso desses produtos em condições reais, e pode fazer parte da avaliação no processo de registros de novos produtos ou da reavaliação de produtos em uso, conforme preconizado no Decreto

4.074/2002², segundo SPADOTTO et al. (2004).

Este decreto esta regulamentado pela Lei Federal de agrotóxico Nº 7802/89, onde dispõe sobre a pesquisa, a rotulagem, experimentação destino final de resíduos de agrotóxicos e a sua fiscalização.

Alguns agrotóxicos dissipam rapidamente no solo, em um processo chamado de mineralização, na qual consiste na transformação do produto em compostos mais simples como água, dióxido de carbono e amônia, sendo que a principal transformação da mineralização é pelo catabolismo microbiológico, sendo que o metabolismo realizado pelos microrganismos do solo utiliza o agrotóxico como fonte de carbono e outros nutrientes (SPADOTTO et al., 2004).

A venda de agrotóxicos está protegida por interesses econômicos, onde ocorre a constante publicação de dados experimentais sobre a eficácia de pesticidas sem a mínima preocupação de relacioná-los com os possíveis efeitos adversos e com os riscos de contaminação que estes compostos químicos podem ocasionar no ambiente onde estão inseridos (LIMA, 2006 e RIBEIRO, 2001). O grande volume de agrotóxicos utilizados se reflete na contaminação de alimentos que serão consumidos e uma alta frequência em que os casos ultrapassam os limites pré-estabelecidos e ainda que este excesso também tenha sido obstáculo à exportação de produtos nacionais (LIMA, 2006). O órgão competente que deverá fazer estas fiscalizações é a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária).

O crescimento desordenado de agrotóxicos no país sem o devido controle está relacionado com a expansão das fronteiras agrícolas do país, aumentando com isso um desequilíbrio ecológico muito grande do ecossistema e suas relações de ordem sócio-econômicas também (LIMA, 2006).

Mesmo com evidências científicas sobre os impactos sócio-ambientais decorrentes da difusão desordenada da utilização de agrotóxicos e as conseqüentes restrições em torno do uso crescente dessas substâncias, elas não detiveram a difusão em todo mundo (ECOBICHÓN, 2001; NUNES & TABAJARA, 1998 Apud PEDLOWSKI et al., 2006).

3.2 A contaminação ambiental por compostos químicos

Com o crescimento populacional e econômico, houve a necessidade do avanço da agricultura no país, e conseqüentemente houve o crescimento de indústrias no ramo tecnológico, lançando cada vez mais no mercado novos produtos, aumentando com isso o

² Site: www.inpev.org.br/responsabilidades/legislacao/images/Decreto.PDF

grande leque de produtos químicos lançados no meio ambiente, fazendo com que este meio fique cada vez mais contaminado. O lançamento de substâncias tóxicas no meio ambiente pode levar a alteração deste meio e do ecossistema onde os organismos estão inseridos, sendo prejudiciais (RODGHER, 2005) e dentro dessas substâncias tóxicas, estão os agrotóxicos.

No Brasil diversos compostos químicos são empregados, sendo que os mais utilizados são os produtos fitossanitários, nas quais apresentam elevado potencial de contaminação ambiental. A persistência dos resíduos destas substâncias no solo tem promovido um aumento gradativo da concentração destes produtos. Conseqüência também, do lançamento desordenado destes produtos no meio ambiente, que tem como causa principal o grande crescimento industrial e a maximização de tecnologias empregadas na agricultura.

Muitos são os impactos causados pela utilização de agrotóxicos, sendo que a comunidade científica passou a conhecer melhor os seus mecanismos de ação e atuação no meio ambiente e na saúde humana e a possível percepção sobre seu uso indiscriminado (VEIGA et al., 2006), obtendo assim informações sobre a possível contaminação.

Ainda segundo os autores o emprego exagerado de agrotóxico é questionável, pois em alguns casos poderia gerar impactos sobre o meio ambiente e a saúde humana, muito maior do que aqueles benefícios gerados com ganho na produtividade. Com algumas alterações tecnológicas ocasionadas nas características químicas dos agrotóxicos, o seu potencial de contaminação e prolongação no meio também foi alterado, em conseqüência disto, seu potencial nocivo de causar danos ao meio ambiente e na saúde humana também aumentaram. O uso intensivo de pesticidas promove, além do seu efeito sobre a praga alvo, efeitos sobre microrganismos do ambiente, plantas e animais que não interferem no processo que se tenta controlar, sendo considerada uma forma de contaminação.

Estes compostos são estranhos a natureza e muitas vezes de difícil degradação (PEREIRA et al., s/data)³, já que quando inseridos no ambiente e não obtendo o seu efeito desejado tornam-se grandes poluidores ambientais, por isso a necessidade de um maior estudo sobre os seus efeitos sobre o meio, quando não atingidos o alvo é muito importante.

3.2.1 Contaminação dos solos

O solo é um meio vivo e dinâmico, constituindo o habitat de biodiversidade abundante, com padrões genéticos únicos, onde se encontra a maior quantidade e variedade de

³ Site: <https://sec.s bq.org.br/cd29ra/resumos/T1486-1.pdf>

organismos vivos, que servem de reservatório de nutrientes⁴. Sendo assim ele é considerado um “substrato” de produção agrícola, de atividade biológica, dependente da quantidade de matéria orgânica presente no solo, elimina agentes patogênicos, decompõe a matéria orgânica e outros poluentes em componentes mais simples (freqüentemente menos nocivos) e contribui para a manutenção das propriedades físicas e bioquímicas necessárias para a fertilidade e estrutura dos solos.

A disposição final de resíduos sejam eles, sólidos ou líquidos ou até mesmo o desenvolvimento de pesquisas sobre o assunto é relevante e deve pautar as discussões de estudos atuais (POLUIÇÃO DO SOLO, 2007).

A contaminação do solo pode se dar pela incorporação de resíduos sólidos e líquidos, o qual pode conduzir em um aumento do nível de toxicidade para a saúde e para o ambiente, quando utilizados indiscriminadamente. Muitas são as formas de contaminação, mas, destacam-se as provocadas por indústrias, armazenamento de substâncias perigosas, combustíveis e a disposição não controlada de aterros sanitários e de outras atividades como a utilização de agrotóxicos em geral (RELATÓRIO DO ESTADO DO AMBIENTE, 1999).

Neste sentido nota-se que a contaminação do solo ocorre sempre que houver adição de compostos, modificando assim suas características naturais, produzindo efeitos adversos e negativos para o ambiente (AMBIENTE BRASIL, 2007).

Segundo CETESB (2007) uma área contaminada pode ser definida como uma área ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural.

Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se em sub-superfícies ou nos diferentes compartimentos do ambiente, como por exemplo, no solo, nos sedimentos etc. No entanto, essa capacidade é limitada, podendo ocorrer alteração da qualidade do solo devido ao efeito acumulativo da deposição de poluentes, aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes e à disposição de resíduos sólidos industriais, urbanos, materiais tóxicos e radioativos.

Segundo FILIZOLA et al. (2002), as características do solo interferem de maneira direta e indireta sobre o comportamento dos pesticidas em geral. A quantidade de matéria orgânica, a textura e a estrutura, são fatores de extrema importância na determinação do comportamento dos agentes contaminantes no ambiente.

⁴ Site: <http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Solo/TextoSintese/Antecedentes/>

Ainda segundo os autores, grande parte dos compostos é adsorvida pela matéria orgânica, impedindo que estes cheguem ao lençol freático via lixiviação.

A contaminação do solo tem-se tornado uma das preocupações ambientais mais importantes, uma vez que, geralmente, a contaminação interfere no ambiente global da área afetada (águas superficiais e subterrâneas, ar, fauna e vegetação), podendo mesmo estar na origem de problemas relacionados à saúde pública (POLUIÇÃO DO SOLO, 2007).

Como regra geral, a contaminação do solo torna-se problema quando:

- há uma fonte de contaminação;
- há vias de transferência de poluentes que viabilizam a expansão da área contaminada;
- há indivíduos e bens ameaçados por essa contaminação.

O problema pode ser resolvido por:

- remoção dos indivíduos e/ou bens ameaçados;
- remoção da fonte de poluição;
- bloqueamento das vias de transferência (isolamento da área);
- tratamento dessa área contaminada.

O tema poluição do solo vem se tornando cada vez mais motivo de preocupação para a sociedade e para as autoridades, devido não só aos aspectos de proteção à saúde pública e ao meio ambiente, mas também à publicidade dada aos relatos de episódios críticos de poluição por todo o mundo (CETESB, 2001).

3.2.2 Contaminação por Agrotóxicos

Os problemas relacionados com a contaminação ambiental vêm crescendo cada vez mais no Brasil, em decorrência da localização inadequada para a disposição de alguns compostos, sendo que em muitas vezes esses locais se encontram perto de ecossistemas, causando grande impacto ambiental (SISINNO et al., 2006).

Segundo DORES et al. (1999) Apud RODRIGUES (2007) os agrotóxicos se diferem das substâncias orgânicas industriais pelo fato de serem trazidos ao ambiente com intenção de apresentar efeitos tóxicos a um ou mais organismos considerados indesejáveis, sendo utilizados com o objetivo de aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos e ainda reduzirem custos com mão de obra, reduzir perdas de alimentos armazenados, erradicar vetores de doenças, entre outros.

Dentre os efeitos indesejáveis dos agrotóxicos podem ser citados a presença de resíduos no solo, água, ar, plantas e animais (DORES et al.,1999 Apud RODRIGUES 2007; FARIA, 2003; PERES et al., 2003), sendo que a maioria desses compostos atingem ecossistemas, prejudicando a vida dos organismos.

Ainda segundo RODRIGUES (2007) e NIMMO (1985) o ideal seria que na aplicação dos agrotóxicos as concentrações utilizadas para atingir os organismos alvos, não atingissem o ainda tivessem o mínimo de efeito adverso sobre resto da biota e que segundo SPADOTTO et al. (2006) a quantidade dos agrotóxicos que não atingirem o seu alvo não terá seu efeito desejado e por isso representarão uma forma de perda e com isso uma fonte de contaminação.

Segundo RODRIGUES (2007) os organismos não alvos são aqueles cuja destruição não é intencional, mas que são afetados e além, disso, possuem papéis muito importantes nos ambientes em que vivem.

A agricultura químico-industrial e o uso de agrotóxicos provocaram conseqüências drásticas para o meio ambiente (CARRARO, 1997) como:

- Contaminação de alimentos;
- Poluição de rios;
- Erosão dos solos e desertificação;
- Intoxicação e morte de animais;
- Extinção de várias espécies de animais;
- Contaminação de ecossistemas.

Ainda segundo o autor para agricultura industrial que possui o objetivo meramente produtivo, deixando de lado o equilíbrio ecológico e como conseqüência das campanhas milionárias das empresas multinacionais, estimulando cada vez mais o consumo de agrotóxicos e com isso a resistência cada vez maior de pragas e doenças das lavouras, tornando ainda mais resistentes esses organismos aos agroquímicos em função da ocorrência de mutações gênicas.

Como conseqüência quanto mais se usa, mais desequilíbrios deverão ocorrer, provocando ainda a necessidade de acréscimo na dose, tornando-se um ciclo vicioso, com doses mais intensas e ainda, formulações cada vez mais tóxicas tornando populações mais resistentes e ecossistemas mais contaminados.

Os ensaios ecotoxicológicos estão relacionados com as variáveis ambientais, nas quais são capazes ainda de afetar a toxicidade de substâncias aos componentes vivos de um ecossistema, sendo que ainda os ensaios dão uma resposta mais precisa sobre a possível toxicidade das substâncias biodisponíveis presentes nos ambientes em que os organismos vivos estão, nas quais somente as análises químicas de cada composto separadamente, não são capazes de avaliar.

Mas, para a realização de testes ecotoxicológicos terrestres para avaliação da contaminação das amostras de solo tem sido utilizado métodos internacionais como os da ISO (*International Organization for Standardization*) e OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*) e também da EPA (*Environmental Protection Agency-USA*). A contaminação dos solos por substâncias tóxicas no setor agrícola é principalmente causada pela utilização de pesticidas vindas depois por herbicidas, fungicidas e inseticidas.

O solo pode ser contaminado por pesticidas após aplicações diretas ou indiretas, sendo que no ambiente edáfico os resíduos passam por transformações ou processos físicos, químicos, biológicos, ou combinação deles que podem determinar desde seu desaparecimento, até o aparecimento de metabólitos mais tóxicos do que o composto originalmente aplicado ou ainda, maior persistência desse composto no ambiente (ANDRÉA, 2003) o que vai depender é das características intrínsecas que cada solo possui e de cada composto, por isso a necessidade de estudos com diferentes compostos sobre as diferentes características de solo, analisando o seu grau de exposição à contaminação ou não.

Os efeitos ambientais causados por um agrotóxico estão ligados a sua ecotoxicidade a organismos terrestres e aquáticos e também a sua toxicidade ao ser humano. Além disso, estão relacionadas diretamente as concentrações atingidas nos diferentes compartimentos ambientais (solo, ar, água), que por sua vez dependem do modo como foram aplicados, a sua quantidade e é claro do comportamento do agrotóxico no meio ambiente (SPADOTTO et al., 2004), que dependem ainda das características de cada solo.

De acordo com o decreto 4.074/2002, o IBAMA deverá realizar uma avaliação ou reavaliação de risco ambiental para a regulamentação de registros dos agrotóxicos. Para que essa avaliação seja realizada faz-se necessário levar em consideração todos os aspectos que envolvem a dissipação ou interação com o composto, sempre pensando nas diferentes características que podem interferir no processo.

Sendo que a primeira etapa consiste na identificação de quais serão os possíveis riscos de contaminação, nada mais é que a identificação do problema, na segunda etapa é a avaliação do risco e suas possíveis etapas de contaminação e a terceira consiste na

caracterização do risco, que seria o seu potencial de contaminação e quais serão seus efeitos sobre os diferentes ecossistemas.

Segundo SPADOTTO et al. (2004), após a aplicação de um agrotóxico, vários processos físicos, físico-químicos, químicos e biológicos é que vai determinar o comportamento desse composto sobre o meio, como por exemplo processos de retenção (sorção, adsorção), de transformação (degradação química e biológica) e de transporte (deriva, volatilização, lixiviação e carreamento superficial).

Para efeitos de contaminação ambiental é sempre levada em consideração à concentração do composto aplicado e sua duração de exposição ao organismo, considerando a relação da resposta desta concentração, assim as substâncias químicas podem ser tóxicas para alguns organismos de solo como, minhocas, como também acumular nos organismos exposto ou ainda produzir efeito de exposição nenhum. Os organismos do solo são sensíveis aos agrotóxicos e estão relacionados direta ou indiretamente com diferentes funções como, ainda segundo os autores:

- Armazenamento e disponibilidade de água;
- Decomposição de resíduos de plantas e animais;
- Com liberação de nutrientes;
- Decomposição;
- Transformação e ciclagem de nutrientes.

Segundo SPADOTTO et al. (2004) existem hoje tabelas contendo limites máximos permitidos de resíduos de agrotóxicos para serem usados como padrões no controle e na avaliação do nível de contaminação do solo, estão existe hoje um conhecimento entre o limite máximo e aquele que pode vir a causar algum tipo de risco para o compartimento solo.

Este tipo de monitoramento propicia uma caracterização dos possíveis efeitos em organismos sensíveis, sendo estes organismos utilizados como bioindicadores de risco, já que são sensíveis e na maioria das vezes estão relacionados com funções diretas ou indiretas.

TABELA 1. Limites máximos permitidos de resíduos de agrotóxicos no solo.

Agrotóxico	Concentração máxima permitida (mg kg ⁻¹)
2,4-D	0,2
Atrazina	0,2
Cipermetrina	0,5
Dimetoato	0,1
Metamidofós	0,1
Metolaclor	0,5
Monocrotofós	0,1
Paration-metílico	0,1
Simazina	0,2

Asa-pacific Centre for Environmental Law (APCEL, 1995) Apud SPADOTTO et al. (2004).

Os problemas associados aos agrotóxicos estão mais relacionados às suas propriedades como toxicidade seletiva, a sua persistência no meio ambiente, o seu potencial de bioacumulação em alguns microrganismos e sua relação com a mobilidade, que pode variar muito de solo para solo, sempre levando em consideração suas características químicas e físicas.

O uso exagerado e incorreto dos agrotóxicos pode acarretar em contaminação dos solos, das águas subterrâneas e superficiais apresentando efeitos negativos sobre os organismos nele presentes, já que parte desses contaminantes entra em contato com os organismos, alterando a dinâmica do meio.

Segundo VEIGA et al. (2005) os agrotóxicos interferem sobre a dinâmica dos ecossistemas como nos processos de quebra de matéria orgânica, da respiração do solo, do ciclo de nutrientes e eutrofização de águas, mas pouco se conhece sobre como acontece essa degradação sobre o meio, já que os meios e as características ligadas a cada composto é diferente.

3.3 Atrazina Nortox®

Os herbicidas são compostos orgânicos, sintetizados e utilizados na agricultura para o controle de ervas daninhas e geralmente são incorporados diretamente no solo (JAVARONI et al., 1998). Eles são aplicados às plantas, reagindo com seus constituintes morfológicos que podem ainda interferir nos seus sistemas bioquímicos, promovendo efeitos fisiológicos de graus variáveis, podendo levá-los a morte parcial ou total (CARRARO, 1997). Os herbicidas provocam a morte parcial quando matam a parte foliar das plantas, deixando as raízes e a parte do caule vivo.

A Atrazina (2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-1,3,5-triazina) é empregada como herbicida nas culturas de algodão, milho, soja, feijão, abacaxi, sorgo, cana-de-açúcar e no preparo de áreas para o plantio. Suas principais características como herbicida é possuir alto potencial de lixiviação, lentas reações de hidrólise, baixa pressão de vapor e moderada solubilidade em água (30 mg L⁻¹). A toxicidade da Atrazina é bastante alta para os seres vivos (SANTANA et al., 2003).

Os herbicidas são os agrotóxicos mais utilizados no Brasil, chegando a cerca de 55% dos pesticidas, sendo assim de difícil substituição havendo uma necessidade de maior estudos sobre o seu comportamento no ambiente edáfico e quando lixiviado nos ambientes aquáticos pode ocasionar riscos de contaminação. O herbicida Atrazina faz parte da família das triazinas, muito utilizado no Brasil, sendo detectado em águas superficiais e subterrâneas em vários países (DÖRFLER et al., 1997 Apud CORREIA & LANGENBACH, 2006).

Segundo PINHO et al. (2004) a Atrazina é um herbicida que possui forte adsorção ao solo e baixa solubilidade em água, pois quanto menor é tamanho que a partícula apresenta, maior é a capacidade de transporte do herbicida, e maior é a capacidade de adsorção que esta partícula apresenta.

Nas últimas décadas a utilização dos herbicidas tem sido de forma acentuada em solos agricultáveis brasileiros, sendo que umas das classes mais utilizadas são das s-triazinas. Suas propriedades foram descobertas em 1952, sendo que o modo de formulação desses herbicidas foi determinado por dois fatores: modo de aplicação e com relação as suas propriedades químicas. Sua classificação é de ação sistêmica, seletivo utilizado no controle de plantas invasoras, pré e pós emergente (JAVARONI et al., 1998).

O herbicida Atrazina Nortox 500 SC é um produto químico registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sobre nº registro 0056, e apresentado sob a forma de suspensão concentrada com eficiência no controle da maioria das plantas daninhas, tanto em aplicação de pré-emergência como em pós-emergência precoce, sendo mais indicado para as culturas de cana-de-açúcar, milho e sorgo.

Na bula de recomendação do herbicida constam algumas plantas controladas pela herbicida Nortox 500 SC e época de aplicação. A seguir na TABELA 2 alguns exemplos das plantas que o herbicida Atrazina Nortox®.

TABELA 2. Principais espécies de plantas invasoras controladas pelo herbicida Atrazina Nortox ® (MAPA, 2008).

Nome comum	Nome científico	Aplicação
Beldroega	<i>Portulaca oleracea</i>	Pré e pós
Capim-colchão	<i>Digitaria horizontalis</i>	Pré e Pós
Flor de Ouro	<i>Melampodium divaricatum</i>	Pré
Picão Branco	<i>Bidens pilosa</i>	Pré
Tiririca	<i>Cyperus sesquiflorus</i>	Pré
Pega-Pega	<i>Desmodium adscendens</i>	Pré

FONTE: Vide bula do Herbicida Atrazina Nortox ®.

Também constam em outra tabela da bula do produto as épocas de aplicação do herbicida, a cultura e a dosagem recomendada, sendo a seguir mostrada na TABELA 3.

TABELA 3. Épocas de aplicação e doses utilizadas do produto para diferentes culturas e suas quantidades em quilogramas (Kg) ou em ingrediente ativo (i.a).

Cultura	Época de aplicação	Dose /hectare					
		Solo Leve		Solo Médio		Solo Pesado	
		Kg i.a	Lp.c.	Kg i.a	Lp.c.	Kg i.a	Lp.c.
Cana-de-açúcar	Após o plantio	2,5	5,0	3,25	6,5	4,0	8,0
	Após o corte	2,5	5,0	3,25	6,5	4,0	8,0
Milho e Sorgo	Pós-semeadura	1,5	3,0	2,5	5,0	3,25	6,5

FONTE: Vide Bula do Herbicida Atrazina Nortox ®.

Atrazina Nortox 500 SC é aplicado sobre o solo bem preparado, livre de torrões, resíduos, detritos e contendo um bom teor de umidade para melhor ação do herbicida. Apresenta classificação Toxicológica de nível III - moderadamente tóxico classificado como Potencial de Periculosidade Ambiental II - produto muito perigoso ao meio ambiente, como indicado na bula do produto.

3.4 Mecanismos de adsorção e adesão do herbicida

No solo, onde o sistema é considerado heterogêneo, os herbicidas sofrem diversas modificações de natureza física, química e biológica. As propriedades físicas deste sistema são responsáveis pelos processos de adsorção e translocação podendo ser medidos com relativa facilidade, enquanto as análises de degradação química e bioquímica são consideradas mais complexas (JAVARONI et al., 1998).

Ainda segundo os autores o processo de adsorção pela matéria orgânica do solo parece ser o principal mecanismo que rege quanto a persistência, degradação, biodisponibilidade, lixiviação e volatilização dos herbicidas. A adsorção reduz a quantidade destes agentes químicos na solução do solo, removendo com isso parte de seu agente potencial.

Os papéis da matéria orgânica nos estudos dessas interações podem ser considerados sobre três aspectos (JAVARONI et al., 1998):

1. A adsorção do herbicida na estrutura coloidal do solo vai depende de suas propriedades;
2. Tipo e quantidade de matéria orgânica presente no solo;
3. E da sua degradação biológica (WEEND & WEBER, 1974 Apud JAVANRONI et al., 1998).

A biodisponibilidade de herbicidas quando aplicados ao solo é essencialmente governada pelo equilíbrio dinâmico existente entre os processos de adsorção dos compostos presentes nos colóides do solo e sua solubilidade na fase solo-água (JAVARONI et al., 1998).

As características de cada solo interferem na quantidade e disponibilidade dos pesticidas, sendo que a quantidade de matéria orgânica, a textura e a porosidade do solo estão intrinsecamente relacionadas, pois favorecem a definição do comportamento dos pesticidas no ambiente (FILIZOLA et al., 2002).

Os pesticidas possuem algumas propriedades como, meia-vida no solo (DT_{50}) e coeficiente de adsorção a matéria orgânica (K_{OC}), que interagem com algumas das estruturas do solo como, por exemplo, a matéria orgânica, a porosidade e a textura.

KRETAVA et al. (1986) Apud QUEIROZ et al. (1999) constataram que a degradação do ^{14}C -atrazina está relacionada à redução da adsorção sendo que a quantidade de matéria orgânica é considerada uma fração importante do solo, sendo assim responsável pela retenção de pesticidas apolares.

Ainda de acordo com esses autores a meia-vida da atrazina vai depender de várias características ambientais e de cada solo em estudo o que pode variar de 20 dias a mais de 100 dias, sendo os microrganismos os responsáveis principalmente pela sua degradação no ambiente edáfico. Só que estas pesquisas foram realizadas nos EUA, onde a diferença de clima e solo é muito grande.

Pesquisas realizadas no Brasil sobre a meia vida do Atrazina foi desenvolvida por NAKAGAWA et al. (1995) onde os autores contataram que em condições laboratoriais a meia vida da atrazina em solo Gley húmico foi de 56 dias e em solo Latossolo Vermelho

Escuro de 54 dias. Estes resultados são de grande importância, pois podem prever possíveis problemas de contaminação ambiental. Os autores, ainda verificaram que a meia vida do herbicida atrazina em solos tropicais foi semelhante à meia vida deste herbicida em solos de região temperada, embora apresentasse baixos valores de adsorção em ambos.

3.5 Cultura do Milho

O milho é um dos cereais mais cultivados no mundo, sendo considerada uma gramínea da espécie *Zea mays* Linnaeus e um cereal de alto valor nutritivo, cultivado há séculos. Sua produção tem aumentado e crescido muito devido seu potencial produtivo (NETO & FANCELLI, 2000).

Sua produção mundial chegou na ordem de 600 milhões de toneladas em 2004, sendo que os EUA são os maiores produtores. A produção nacional é de aproximadamente 52 milhões de toneladas, em uma área que ultrapassa 14 milhões de hectares (BRASIL, 2008).

Porém, diversos fatores promovem a redução na produtividade nacional. Dentre os quais se destacam as plantas invasoras que não controladas corretamente podem provocar perdas significativas nas lavouras.

Segundo MATTOS (1987) as plantas daninhas são definidas como qualquer vegetal que cresce onde não é desejado, sendo que algumas espécies possuem maior capacidade de retirar do solo os alimentos de que precisam. Essas plantas causam ainda um grande prejuízo para o produtor, pois acabam competindo com a cultura, diminuindo a produtividade.

A estimativa para a perda da colheita com relação à interferência das plantas invasoras representa de 20 a 30% no Brasil, sendo que os métodos de aplicação para o controle químico não devem ser descartados, para assim minimizar os prejuízos.

Existem várias técnicas de controle das plantas daninhas, dentre elas: controle químico, trato cultural, rotação de culturas e manejo integrado. O controle químico, por meio da aplicação de herbicidas, proporciona uma vantagem em relação à facilidade do controle. Entretanto, podem também acarretar em elevados riscos de contaminação ao meio ambiente, causando toxicidade para alguns organismos não-alvo, dentre outros.

3.6 Contaminação dos organismos do solo

O solo é um recurso natural vital para o funcionamento do ecossistema terrestre apresentando um balanço entre fatores físicos, químicos e biológicos onde existem formas

estáveis de decomposição de matéria orgânica derivados da decomposição da biota como minhocas, fungos, algas, nematóides e bactérias do solo, e onde se tem como principal função promover o crescimento vegetal e propiciar habitat para animais e microrganismos (MELLO et al., 2007).

O incremento de agrotóxicos e outros tipos de compostos nos solos promovem o contato íntimo desses compostos com os organismos do solo, interagindo de forma direta ou indireta sobre eles (LIMA, 2006). Este tipo de interação pode acarretar em uma contaminação dos organismos, pois este contato atinge e é bioacumulado no exoesqueleto ou pele dos microrganismos ou ainda por meio da exposição pela solução do solo e da ingestão de alimentos que estão contaminados. Esse tipo de contaminação dos organismos edáficos necessita ser mais estudada, afim de que é de grande interesse que as vias de exposição desses organismos aos contaminantes seja verificada (MELLO et al., 2007).

Segundo SPADOTTO et al. (2004) a introdução de agrotóxicos no meio ambiente agrícola além de ser uma forma de contaminação, caso seja aplicado de forma incorreta, ainda traz algumas perturbações para o meio porque ele exerce uma pressão na seleção dos organismos alterando sua dinâmica natural e trazendo conseqüentes mudanças nas funções do ecossistema.

Ainda segundo o autor é necessário levar em consideração que os organismos vivem em metabiose, ou seja, nada mais é que uma dependência biológica na qual um organismo ou um grupo de organismos modifica o ambiente para que outro organismos ou grupo funcional possa se estabelecer e prosperar, e o efeito que um dado composto possa a vir trazer para os organismos pode afetar todo o funcionamento de um ecossistema.

3.7 Estudos ecotoxicológicos com organismos terrestres

A concentração de um dado composto no ambiente pouco pode ser dizer sobre sua toxicidade, pois os processos de interação desses compostos com o meio e a biota são difíceis de quantificar, sendo que as interações que podem ocorrer dentro do sistema solo são diversas e as vias de transferências podem ter vários caminhos (LIMA, 2006). Por isso que o comportamento de cada composto químico é diferente em cada tipo de solo, sendo levadas em consideração todas suas características tanto do solo quanto do composto em si.

Os estudos ecotoxicológicos com organismos terrestres descrevem esta relação entre os poluentes químicos, o ambiente em que são liberados e a biota naquele ambiente, pois somente as análises químicas e físicas de um composto não dá para saber se aquele

agente é considerado perigoso ou não aos organismos terrestres.

A ecotoxicologia tem-se desenvolvido muito, sendo considerada uma importante ferramenta na avaliação do comportamento dos compostos químicos sobre ambientes edáficos (RODGER, 2005), os possíveis efeitos que podem ser observados na realização dos testes de toxicidade são os efeitos de ordem aguda ou crônica segundo ADAMS (1995) Apud LIMA (2006). Os testes de toxicidade aguda são ocasionados pelos efeitos graves a um curto período de tempo, enquanto que os efeitos crônicos têm uma duração mais longa e medem os efeitos indiretos sobre os organismos.

Para a quantificação dos níveis de toxicidade de um composto sobre os organismos vivos presentes nos ambientes, nada melhor do que a realização de testes ecotoxicológicos em organismos vivos utilizando amostras de uma área contaminada (RAMOS et al., 2006). Que ainda segundo as autoras e LIMA (2006) nos caso da avaliação com organismos terrestres tem-se utilizado métodos internacionais como os da ISO (*International Organization for Standardization*), OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*) e também da EPA (*Environmental Protection Agency-USA*) e ASTM (1995).

Várias são as características viáveis que os organismos possuem para que sua utilização nos bioensaios seja aceita, por isso são muito utilizados e até padronizadas em testes ecotoxicológicos por métodos internacionais e sempre levando em consideração sua facilidade de estudos e sua condução em laboratório.

3.8 Organismos testes

A escolha de um organismo teste e os critérios a serem considerados, incluem ampla faixa de sensibilidade, abundância e disponibilidade e ainda se possível a espécie deve ser endógena para melhor representatividade do ecossistema (RAND & PETROCELLI, 1985 Apud LIMA (2006).

Mas segundo LIMA (2006) é praticamente impossível encontrar uma espécie com todas estas propriedades, o que faz com que muitos autores utilizem as espécies já padronizadas para os testes laboratoriais. Para a realização de testes de toxicidade com organismos terrestre tem sido dada uma maior atenção à minhoca *E. foetida*, devido a seu rápido crescimento, ser bem adaptada às condições adversas ao meio (BORALI, 2000 Apud LIMA 2006).

Ainda segundo a autora, eis alguns exemplos de normas para os testes de toxicidade aguda utilizando minhocas (*E. foetida*): protocolo 207 da *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD, 1984); ISO, 1993; a norma L6.401 da CETESB, dentre outras. A espécie *E. foetida* é mais conhecida como uma espécie de clima temperado, tendo invadido muitos solos tropicais, sendo agora encontrada nestas duas regiões (GARCIA, 2004).

Segundo a OECD (1984) a *E. foetida* tem um ciclo de vida curto, saindo dos seus casulos em 3 a 4 semanas e se tornando adultas de 7 a 8 semanas, quando cultivadas a 20°C, sendo sua reprodução intensa e cada organismo produz de 2 a 5 casulos por semana, estas espécies estão disponível comercialmente, sendo muitas utilizadas como decompositoras de matéria orgânicas, sendo depois utilizados como adubos.

A oligocheta *E. foetida* é mais conhecida como minhoca vermelha californiana, sendo muito utilizada em testes ecotoxicológicos, pois tem se mostrado como uma boa indicadora da qualidade dos solos possuindo muitas características desejáveis, portanto padronizada como organismo-teste (MUNIZ et al., 2006).

Dentre suas características estão, tempo de geração curto, fácil de ser coletada em fontes naturais, alta taxa reprodutiva, importante organismos na cadeia trófica, possuindo uma relação com os outros compartimentos do solo, além do que são boas para serem cultivadas em laboratório e possuem fácil manuseio.

3.9 As minhocas como organismos-testes

As minhocas pertencem ao reino Animalia, filo Annelida e a classe Oligochaeta, constituindo um importante grupo de organismos indicadores de contaminação de solos por compostos químicos. Além disso, revolvem o solo criando macroporos que aumentam a infiltração da água e a aeração, sendo que a passagem de solo pelo trato intestinal aumenta a agregação e a ciclagem de nutrientes que segundo PAPINE & ANDRÉA (2004) influenciam na transformação da matéria orgânica, misturando os horizontes, elas ainda apresentam um nicho ecológico de destaque, pois elas revolvem o solo, ajudando na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes.

Esses anelídeos possuem grande importância ecológica e econômica, devido a sua capacidade de aeração dos solos e a incorporação de matéria orgânica, mas são sensíveis e muitos exigentes quanto ao ambiente, portanto atuam como indicadores de qualidade de solos (NETO et al., 2003).

Segundo LOUREIRO et al. (2005) as minhocas são amplamente distribuídas sendo considerada uma das principais espécies que desempenham importante papel na dinâmica do solo, principalmente na decomposição da matéria orgânica sendo suas características ideais para serem utilizadas em bioensaios. Seu principal papel desempenhado na natureza é a incorporação da matéria orgânica ao solo mineral, com isto elas influenciam nas propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, bem como nos aspectos pedogenéticos e paisagísticos (SILVA et al., 2003).

Como as minhocas constituem a base da cadeia alimentar de muitos animais, a contaminação desses organismos através da inserção de compostos no meio onde vivem podem acarretar conseqüências para o meio ambiente e para a fertilidade do solo causando transferência de agrotóxicos e, ou, ainda de seus metabólitos ao longo da cadeia alimentar, através do processo de biomagnificação (PAPINE & ANDRÉA, 2004).

As minhocas são bastante exigentes quanto à relação de umidade, pois necessariamente elas dependem desse teor de umidade para realizar suas atividades fisiológicas. Assim, estudos e novas ferramentas estão sendo desenvolvidas para avaliar os potenciais de poluição e contaminação desses organismos no solo com compostos químicos sobre os impactos diretos e indiretos sobre os ecossistemas terrestres.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área

Para a realização do experimento, o solo utilizado foi coletado de um barranco dentro da fazenda experimental da EAFI (Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes-MG), sendo que este estava sustentando uma pastagem com *Brachiaria* sp., isenta da aplicação de agrotóxicos a mais de 10 anos, portanto, com alta possibilidade de isenção de contaminantes.

O solo possui características muito argilosas então houve a necessidade da mistura de areia para melhor condução dos bioensaios.

4.2 Coleta das amostras de solo

Para a coleta das amostras, foi utilizado um enxadão, sendo coletadas amostras em quatro pontos diferentes da área em uma profundidade de 0-20 cm do solo. Em seguida as amostras foram acondicionadas na casa de vegetação para a realização do experimento. O solo foi peneirado em malha média para a retirada de cascalhos e pedregulhos, para melhor condução dos bioensaios.

Na coleta de amostras que iria para a análise de solo, foi utilizado um trado, específico para estes fins, na qual se foi amostrado também em quatro diferentes pontos da área, a fim de ser representativa.

Na seqüência, foram separados cerca de 300g deste solo para análise química e de matéria orgânica. A análise química foi realizada no Laboratório de Solos da EAFI e os resultados foram utilizados para se fazer a correção da adubação do solo antes do plantio das sementes, sempre de acordo com as exigências da cultura do milho, utilizada para a realização do experimento. Não foi possível determinar a capacidade de campo do solo, pelas dificuldades encontradas na realização deste parâmetro, devido a grande presença de argila, então foi adicionado areia ao solo, fração de areia na mesma proporção que o solo, 50% de

cada.

Na tabela 4 estão dispostos os nutrientes utilizados para se fazer a adubação do milho, seguindo sempre a recomendação exigente da cultura.

TABELA 4. Nutrientes utilizados na adubação química do solo e suas respectivas dosagens.

Nutriente	Dosagem em mg/dm³	Nome do composto utilizado
Nitrogênio	400	Sulfato de Amônia
Fósforo	200	Super Simples
Potássio	400	Cloreto de Potássio
Cálcio	50	Calcário Calcítico
Magnésio	30	Calcário Calcítico
Boro	0,5	Boro
Zinco	5	Zinco
Molibdênio	0,1	Molibdato de Amônia
Manganês	5	Manganês
Ferro	5	Sulfato de Ferro II

4.3 Condução dos bioensaios

4.3.1 Aplicação do composto em recipientes-testes com plantas de milho

O experimento foi realizado em casa de vegetação, localizada na Fazenda Experimental da Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes-MG, situada segundo sua localização geográfica a 22°19'S e 49°40'W, na Unidade Educativa de Produção da Olericultura.

O solo foi acondicionado em recipientes-testes de 2,0 L sendo utilizado um volume de solo seco peneirado de 1,9 L. Cada recipiente-teste recebeu 8 sementes de milho, os quais foram irrigados até atingir 60% da sua capacidade de campo, tomando a precaução para que a quantidade de água utilizada não provocasse a lixiviação dos nutrientes.

Cerca de 8 a 10 dias após o plantio, observou-se a completa germinação das sementes e procedeu-se a aplicação do composto Atrazina Nortox® sobre o solo dos recipientes-testes. A aplicação seguiu as recomendações de uso presentes no rótulo do produto.



Figura 1: Acondicionamento dos recipientes utilizados em casa de vegetação

A aplicação do herbicida deu-se por meio de pulverizadores manuais de 550 mL, seguindo a recomendação do produto, sendo utilizada a quantidade de 5,0L do produto comercial/ha e um volume de calda de 400L/ha. A área útil do vaso é de 0,00165 m² e recebeu cerca de 0,66 mL de solução por recipiente-teste. Sendo que a aplicação do herbicida se deu uma única vez.

Os tratamentos escolhidos foram com base na utilização por parte dos produtores nas quais foram: Tratamento 1 (testemunha: água), Tratamento 2 (dobro da dose recomendada), Tratamento 3 (dose recomenda) e Tratamento 4 (metade da dose recomendada) conforme descritos na Tabela 5. Os recipientes-testes foram distribuídos em casa de vegetação em esquema de blocos ao acaso, utilizando 3 réplicas para cada tratamento.

Como a meia vida de herbicida é de aproximadamente 54 dias o experimento foi dividido em duas etapas de avaliação (30 e 60 dias) totalizando, portanto, 24 recipientes-testes.

TABELA 5. Tratamentos utilizados, doses empregadas nos estudos e descrição dos tratamentos (mg/kg) por vaso

Tratamento	Dose do produto em 550 mL de água-solução	Concentrações em mg/Kg
Testemunha	Somente água	0
Dobro da dose recomendada	13,8	4,4
Dose recomendada	6,9	2,2
Metade da dose recomendada	3,45	1,1

4.3.2 Coleta de solo para teste ecotoxicológico

Após 30 dias do início do experimento, as amostras de cada recipiente-teste foram coletadas e homogêneas, gerando uma amostra composta. Desta amostra, retirou-se aproximadamente 3 Kg de solo, o qual foi acondicionado em sacos plásticos e armazenados em câmara fria regulada a -5°C. O mesmo procedimento foi adotado após 60 dias.

Posteriormente as amostras foram transferidas para o Laboratório de Ecotoxicologia, do CRHEA/EESC/USP, em São Carlos/SP, para a realização dos testes de toxicidade.

A coleta das amostras foram realizadas em épocas diferentes, sendo coletada uma amostra aos 30 dias após a aplicação (Época 1) e outra 60 dias após aplicação (Época 2), visto que sua meia vida era aproximadamente 54 dias, para verificar através do teste ecotoxicológico, se as amostras do primeiro bloco eram mais tóxicas do que as do bloco 2 (coleta das amostras após 60 dias de aplicação).

4.4 Os testes de toxicidade

4.4.1 Manutenção dos organismos

As minhocas utilizadas nos testes foram adquiridas comercialmente na região de Campinas/SP, sendo mantidas no laboratório em caixas plásticas, com substrato formado por 50% de esterco bovino/50% de terra vegetal e umidade controlada a 35% adicionando água destilada, sempre mantendo a caixa parcialmente fechada para retardar o ressecamento. O cultivo foi mantido com fotoperíodo de 12 horas, à temperatura de 20°C, de acordo com a metodologia baseada no protocolo da OECD nº 207 de 1984.

Antes da realização dos testes, os organismos foram retirados do seu substrato e colocados em uma pequena quantidade de amostras que seria utilizada nos testes, promovendo a adaptação das minhocas ao novo substrato. A aclimação foi realizada 24 horas antes da realização dos testes.

4.4.2 Testes de toxicidade aguda

Foram realizados testes de toxicidade aguda utilizando o herbicida Atrazina Nortox®, em várias concentrações seguindo as normas da OECD (1984), com o emprego do solo de referência. Antes da realização dos testes os solos foram peneirados em malha média de 5 mm para eliminação de pedregulhos e cascalhos.

Primeiramente foram realizadas as análises de umidade e da capacidade de retenção do solo para cada tratamento mais o controle e para os respectivos blocos.

Para a realização do teste pesou-se o equivalente a 1,5 Kg de solo seco para cada tratamento. O solo foi então colocado em uma bandeja plástica, sobre o qual foi adicionada água destilada até atingir a capacidade de retenção (35%), previamente determinada.

As minhocas empregadas no estudo foram colocadas em solo controle por um período de 24 horas e posteriormente foram lavadas em água destilada, em seguida secas e pesadas, sempre em grupo de 10 minhocas. Em seguida, as minhocas adultas foram levadas ao solo acondicionado em potes de testes.

Os recipientes utilizados foram de formato cilíndrico com diâmetro de 11,5 cm e altura de 9,5 cm (FIGURA 2). Os potes foram colocados em prateleiras de ferro, sendo dispostos de forma aleatória. Transcorridos 7 dias realizou-se a primeira avaliação e a segunda foi realizada em 14 dias. A avaliação do teste consiste da pesagem dos organismos e avaliação de mortalidade.

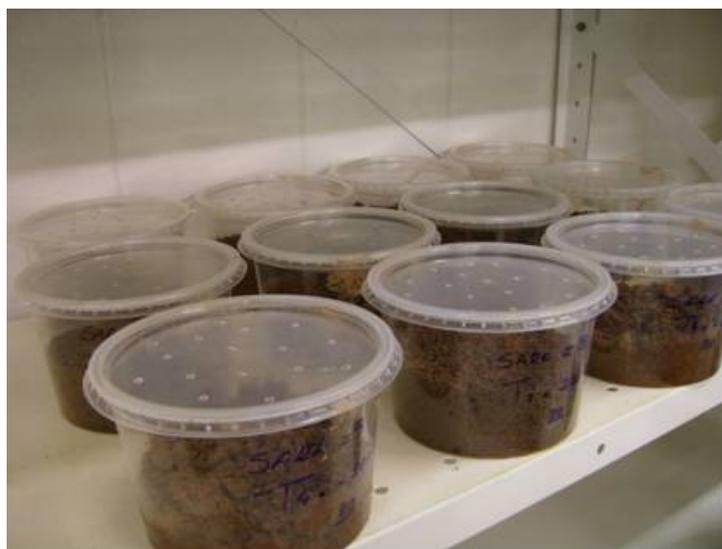


Figura 2. Recipientes-testes utilizados nos testes de toxicidade

4.4.3 Teste de sensibilidade

Antes da realização dos testes de toxicidade, foi realizado o teste de sensibilidade com o lote de minhocas adquirida da região de Campinas-SP, avaliando-se o lote de minhocas estava apto para a realização dos testes.

No caso da realização dos testes de toxicidade aguda a substância de referência utilizada para avaliar a sensibilidade dos organismos da espécie *E. foetida* foi a Cloroacetamida. Para este tipo de teste de toxicidade aguda foram utilizados gráficos e valores com relação à mortalidade/concentração, estimando-se a concentração média letal (CL_{50}), por meio do método Trimmed-Spearman-Kärber. Os testes de sensibilidade com cloroacetamida foram realizados nas seguintes concentrações: 0mg/Kg, 20mg/kg, 40mg/Kg, 60mg/Kg e 80mg/Kg, utilizando 4 réplicas. Este tipo de avaliação foi realizado conforme as normas da ISO para os organismos testes utilizados (SISSINO et al., 2006), sendo que a CL_{50} deve estar entre 20mg/Kg e 80mg/Kg.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teste de sensibilidade utilizando Cloroacetamida

Os resultados obtidos a partir do teste de sensibilidade, utilizando cloroacetamida como composto mostraram que o lote de minhocas estava apto a ser utilizado como organismo-teste, visto que a concentração letal que mata 50% (CL₅₀) dos organismos está entre 53,17 mg/Kg, portanto dentro das normas pré-estabelecidas pelo método internacional da ISO, como mostrado na tabela 6.

TABELA 6. Mortalidade de espécimes de *E. foetida* quando submetidos ao teste de sensibilidade com cloroacetamida em duas avaliações com intervalos de 7 dias.

Concentração	Cloroacetamida				
	0 mg/kg	20 mg/kg	40 mg/kg	60 mg/kg	80 mg/kg
Avaliação I	0,00	0,00	0,00	2,00	4,00
Avaliação II	0,00	0,25	0,00	4,00	5,75

Verificou-se que a CL₅₀ foi de 53,17 mg do produto por quilo de solo. Sendo assim, o lote de organismos estava adequado para realização de testes.

5.2 Teste de toxicidade aguda utilizando Atrazina – Mortalidade

Os resultados obtidos revelaram que o herbicida Atrazina Nortox ® não provocou nenhum efeito prejudicial sobre espécimes de *E. foetida* quando colocadas em amostras coletadas após 30 dias de aplicação, aos 7 e aos 14 dias de exposição (Tabela 7).

TABELA 7. Mortalidade de espécimes de *E. foetida* após 7 e 14 dias de exposição ao solo contaminado coletado após 30 dias de aplicação utilizando diferentes dosagens de Atrazina Nortox®.

Mortalidade aos 7 dias de exposição		
Concentração	Avaliação I^{ns} (7 dias)	Avaliação II^{ns} (14 dias)
0 mg/kg	0,00 a	0,33 a
1,1mg/kg	0,00 a	0,67 a
2,2mg/kg	0,00 a	0,00 a
4,4mg/kg	0,00 a	0,33 a
CV(%)	0,00	67,81
LC₅₀ (mg/kg)	Não foi possível calcular	

^{ns} Não significativa a 5% de probabilidade. Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott (P>0,05).

Dessa forma, não foi possível calcular a CL₅₀ pelo método Trimmed Spearman-Kärber, versão 1.5, pois o herbicida não causou a mortalidade dos organismos em nenhuma das concentrações. Mas, segundo FRAMPTON et al. (2006) em seus estudos com o herbicida Atrazina, pode-se chegar a quantificação da CL₅₀, sendo de 15 mg/Kg de solo seco. Estes valores podem justificar o resultado obtido no presente estudo, em relação à baixa mortalidade de *E. foetida* observada, uma vez que a maior concentração aqui testada foi de 71% menor que a CL₅₀ determinada por FRAMPTON et al. (2006).

Entretanto, os dados do presente estudo são similares aos resultados obtidos por JÄNSCH (2006), onde o autor estudou os efeitos do herbicida Atrazina sobre invertebrados de solo, constatando que o herbicida atrazina não causou nenhum efeito significativo sobre as minhocas, mesmo diluídas em concentrações de até 10 mg/kg.

PAPINE & ANDRÉA (2004) afirmam que os resultados com o herbicida simazina, que pertence a família das triazinas, concluí que a presença de espécies de *E. foetida* em solo podem promover maior dissipação do herbicida e que as minhocas acabaram por acumular resíduos de simazina em seus tecidos independente do seu contato dos organismos ser de 30 ou 90 dias após aplicação.

Ainda segundo os autores, como as minhocas constituem base da cadeia alimentar de muitos outros animais, existem ainda a possibilidade da transferência desses metabólitos ao longo da cadeia alimentar.

Semelhante ao observado nas amostras aos 30 dias, as espécimes de *E. foetida* não foram afetados por amostras de solo coletadas aos 60 dias de aplicação da Atrazina Nortox®, em nenhuma das concentrações testadas (tabela 8).

TABELA 8. Mortalidade de espécimes de *E. foetida* após 7 e 14 dias de exposição ao solo coletado após 60 dias de aplicação utilizando diferentes dosagens do herbicida Atrazina Nortox®.

Mortalidade aos 7 e 14 dias de exposição ao solo coletado aos 60 dias após a aplicação do herbicida.		
Concentração	Avaliação I^{ns} (7 dias)	Avaliação II^{ns} (14 dias)
0 mg/kg	0,00	0,00
1,1mg/kg	0,00	0,00
2,2mg/kg	0,00	0,00
4,4mg/kg	0,00	0,00
CV(%)	0,00	0,00
	LC₅₀ (mg/kg)	Não foi possível calcular

^{ns} Não significativa a 5% de probabilidade.

Como pode se verificar utilizando amostras com 60 dias após a aplicação do herbicida, as minhocas também não morreram em nenhuma das concentrações testadas.

5.3 Teste de toxicidade utilizando biomassa

Os resultados de biomassa dos organismos estão apresentados na tabela 9, verificando-se redução do peso das minhocas em todos os tratamentos, inclusive no controle, com variação de 0,46 a 0,91 gramas/ indivíduo.

Como pode se verificar por meio dos testes de toxicidade aguda, o herbicida Atrazina Nortox® não provocou nenhum efeito significativo nos organismos testados nas diferentes concentrações. Sobre os possíveis efeitos letais que o herbicida poderia trazer aos organismos do solo era sua morte ou perda de peso, mas como isto não ocorreu, os organismos não tiveram perda significativa de peso ao longo das concentrações e das diferentes épocas. Porém, esta redução não parece estar relacionada à presença do herbicida, uma vez que foi também observada redução no tratamento controle (tabela 9).

A redução na disponibilidade de alimento nos ensaios experimentais parece ter contribuído para o decréscimo no peso dos indivíduos em teste, uma vez que no tratamento controle também houve perda de peso, similar aos outros tratamentos, visto que as minhocas necessitam de matéria orgânica, seu habitat de manutenção.

Segundo COX (2001), pesquisas conduzidas por uma universidade da Hungria mostraram que minhocas que vivem no solo tratado com herbicida Atrazina têm seu desenvolvimento reduzido e ocorre ainda um decréscimo na taxa de crescimento e reprodução desses organismos.

Também não foram observadas diferenças significativas na perda de peso de espécimes de *E. foetida* submetidas aos testes com Atrazina Nortox® com amostras coletadas após 60 dias de exposição do herbicida e avaliação após 14 de exposição das minhocas neste solo (tabela 10).

TABELA 9. Peso inicial, peso final e diferença de peso (g) de espécimes de *E. foetida* após 14 dias em contato com solo contaminado coletado aos 30 dias após a aplicação do herbicida com diferentes dosagens de Atrazina Nortox®.

Peso dos indivíduos aos 14 dias de exposição com amostras coletadas aos 30 dias após a aplicação do herbicida.			
Concentração	Peso inicial	Peso final	Diferença de peso
0 mg/kg	3,75 a	2,98 a	0,76 a
1,1mg/kg	3,51 a	3,04 a	0,46 a
2,2mg/kg	3,40 a	2,89 a	0,51 a
4,4mg/kg	3,75 a	2,84 a	0,91 a
CV(%)	13,64	23,41	66,67

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott ($P>0,05$).

As diferenças de peso calculadas não tiveram nenhum efeito significativo sobre as ademais concentrações, visto que em todas as concentrações as minhocas perderam peso.

TABELA 10. Peso inicial, peso final e diferença de peso (g) de espécimes de *E. foetida* após 14 dias em contato com amostras de solo contaminado coletado aos 60 dias após a aplicação do herbicida em diferentes dosagens de Atrazina Nortox®.

Peso dos indivíduos aos 14 dias de exposição com amostras coletadas aos 60 dias após a aplicação do herbicida.			
Concentração	Peso inicial	Peso final	Diferença de peso
0 mg/kg	2,95 a	2,04 a	0,91 a
1,1 mg/kg	2,98 a	2,24 a	0,93 a
2,2 mg/kg	2,91 a	2,09 a	0,82 a
4,4mg/kg	2,70 a	2,16 a	0,54 a
CV(%)	4,87	20,85	77,76

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott ($P>0,05$).

Assim, nota-se que as doses testadas não interferiram de forma direta sobre estes organismos. É importante salientar que, em campo, o emprego deste composto pode estar associado aos acréscimos desnecessários de dosagens o que eventualmente poderá expor os organismos a efeitos reais severos.

Além disso, a utilização sem controle pode acarretar em contaminação de águas superficiais e subterrâneas, devendo o seu uso ser realizado conforme indicado na ficha técnica que acompanha o produto, para que não ocorra nenhuma contaminação ou risco de contaminação ambiental.

6. CONCLUSÃO

Os dados obtidos na pesquisa permitem concluir que o herbicida Atrazina Nortox®, nas concentrações testadas e nas amostras coletadas aos 30 e 60 dias do início da aplicação, não causaram mortalidade e nem interferiram na biomassa da espécie *E. foetida*.

As reduções no peso (biomassa) dos organismos pouco está relacionada à deficiência nutricional do solo, utilizado no experimento, uma vez que também ocorreu redução de peso nos organismos do controle.

Os resultados obtidos devido são incipientes para demonstrar os efeitos reais da Atrazina Nortox® sobre a comunidade edáfica aqui testada, indicando que novos experimentos com concentrações diferenciadas e mais elevadas e em menor tempo depois da aplicação são necessários para avaliar os potenciais riscos tóxicos deste composto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBIENTE BRASIL. **Dia Nacional da Conservação do Solo**, 2007 disponível em <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3base=./agropecuario/index.html&conteudo=./agropecuario/artigos/solos.html>> acessado dia 04/08/2007
- ANDREA, M.M. **Contaminação dos solos por pesticidas**, Instituto Biológico, vol.60, n2. 2003.
- ARANTES, S.A.C.M.; LIMA, J.M.; NÓBREGA, J.C.A.; GUILHERME, L.R.G.; JULIÃO, L.G.F.; JESUS, E.A. Sorção da atrazina em solos representativos as sub-bacia do Rio das Mortes-MG. **Pesticidas: Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba. vol 16, p 101-110, Jan/Dez. 2006.
- BATISTA, F. São Paulo: Venda de Agrotóxicos cresce em 25% em 2007. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, Dez de 2007.
- BECKMAN, M.Z.; CAVALCANTE, I.H.L.; CAVALCANTE, L.F. **Ecotoxicologia de Agroquímicos**, 2004. Disponível em <<http://br.monografias.com/trabalhos/aspectos-ecotoxicologicos/aspectos-ecotoxicologicos.shtml>>, acessado dia 26/07/2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: companhia nacional de abastecimento (Conab). **Safra total de milho em 2007/2008 (planilha)**. 2008. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 08 out. 2008.
- BRASIL. Decreto n.4074, de 04 de Janeiro de 2002, **Publicado no Diário Oficial da União** de 08/01/2002, seção 1.
- BRASIL. DECRETO FEDERAL Nº 4.074. DE 04 DE JANEIRO DE 2.002, **Regulamentada pela Lei Federal Nº 7.082 de 11/07/1989, que dispõe sobre pesquisa, experimentação, a produção, embalagem, o transporte, armazenamento, a propaganda comercial, o registro, classificação, controle, a inspeção de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências**. Disponível em <www.inpev.org.br/responsabilidades/legislacao/images/Decreto.PDF> acessado dia 24/10/2008.
- CARRARO, G. **AGROTÓXICOS E MEIO AMBIENTE: Uma proposta de Ensino de Ciência e Química**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p73, 1997.
- CETESB. **Problema de Escassez de água no Mundo**. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_escassez.asp> 2001. Acesso em 08/08/2008.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Secretaria do Estado do Meio Ambiente. **Áreas Contaminadas**. Set-2007. Acessado dia 17/09/2008 e Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/areas.asp.

CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR PESTICIDAS. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Proteção Ambiental, Instituto Biológico, vol.6, n2, 2003. Disponível em <http://www.geocities.com/~esabio/agua/contaminacao_pesticidas.htm>

CORREIA, F.V.; LANGENBACH, T. Dinâmica da distribuição e degradação da atrazina em argissolo vermelho-amarelo sob condições de clima tropical úmido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.1. Jan/Fev, 2006.

COX, C. Atrazine: Environmental Contamination and ecological effects. **Journal of pesticide Reform/fall, 2001**. NORTHWEST COALITION FOR ALTERNATIVES TO PESTICIDES/NCAP v.21. n.3. 2001.

CRUZ, J.C.; FILHO, I.A.P.; ALVARENGA, R.C.; NETO, M.M.G.; VIANA, J.H.M.; OLIVEIRA, M.F DE O.; SANTANA, D.P. **Manejo da Cultura do Milho**, Circular Técnico 87, p12 Sete Lagoas, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2006.

FAO, **Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação**, Disponível em <https://www.fao.org.br/> acessado dia 25/08/2008.

FILIZOLA, H.F.; FERRACINI, V.L.; SANS, L.M.A.; GOMES, M.A.F.; FERREIRA, C.J.A. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial na região de Guairá, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol 37, n5, p 659-667, maio 2002.

FRAMPTON, G.K.; JÄNSCH, S.; FORDSMAND, J.J.S.; RÖMBKE, J.; BRINK, P.J.V.D. **Effects of pesticides on soil invertebrates in laboratory studies: A review an analysis using species sensitivity distributions**. Environmental Toxicology and Chemistry, vol.25. n.9, p 2480-2489. 2006.

GARCIA, M. **Effects os pesticides on soil fauna: development os ecotoxicological test methods for tropical regions**, 2004, (Tese Doutorado: Universidade de Bonn).

GIOVANNI, C.A.F. **Determinação de Índices de Agrotóxicos Presentes na Área da Unidade de Conservação, Monitoramento Ambiental** (Proposta de Projeto). s/ data.

JÄNSCH,S.; FRAMPTON, G.K.; RÖMBKE, J.; BRINK, P.J.V.D.; SCOTT-FORDSMAND, J.J. **Effects of pesticides on soil invertebrates in model ecosystem and field studies: A review and comparacion with laboratory toxicity data**. 2006.

JAVARONI, R.C.A.; LANDGRAF, M.D.; REZENDE. M.O, **O Comportamento dos Herbicidas Atrazina e Alaclor aplicados em solo preparado para o cultivo da cana-de açúcar**, Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo, 1998. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v22n1/1139.pdf>>.

LIMA, N.C. **Caracterização da atividade agrícola em Bom Repouso (MG) e avaliação dos seus efeitos ecotoxicológicos por meio de testes com *Eisenia foetida* (Annelida, Oligochaeta)**, 2006, Monografia-graduação, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

LOUREIRO, S.; SOARES, A.M.V.M.; NOGUEIRA, A.J.A. **Terrestrial avoidance behavior tests as screening tool to assess soil contamination**. Department of Biology, University of Aveiro. Portugal, 2005.

MATTOS, M.P. **Soja: a mais importante oleaginosa da agricultura moderna**, São Paulo, ícone editora, 1987.

MELLO, A.H.; VIEIRA, F.L.M.; BOFF, V.L. **Organismos indicadores da qualidade do solo, nas áreas de pasto e roça no projeto de assentamento agroextrativista Praia Alta Piranhira-Nova Ipixuna-PA**, projeto de pesquisa com início em maio de 2007 e término em agosto de 2007. Faculdade de Ciências Agrárias. Marabá-Pará, 2007.

MUNIZ, K.P.M.S.; CASTILHOS, Z.C.; EGLER, S.G. **Bioensaios de toxicidade aguda com o oligocheta *Eisenia foetida* utilizando Cromo (VI) como substância teste**. CETEM-Centro de Tecnologia Mineral, 2006.

NAKAGAWA, L.E.; LUCHINI, L.C.; MUSUMECI, M.R.; ANDRÉA, M.M. **Comportamento da Atrazina em solos brasileiros em condições de laboratório**, 1995. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.30, n.4, p.471-476. Abril de 1995.

NETO, D; FANCELLI, A. **Produção de Milho**, Agropecuária 2000.

NETO, P.G.; RAMOS, R.F.; SILVA, J.P.; CARVALHO, M.M.; NEIVA, V.M.; REIS, J.S.; CRUZ, S.C.F.; BUENO, O.A.; MOURA, E.C.; SILVA, J.C. **Comportamento de Anelídeos em Substrato Pós-Cultivo de Batata na Região de Araxá-MG, Uniãoaxá**. 2003.

NIMMO, D.R. Pesticides. In: RAND, G.G., PETROCELLI, S.R. **Fundamentals of aquatic toxicity: methods and applications**. 1985.

OECD –Organizations for Economic Development, 1984. **Guideline for Testing of Chemicals N°207: Earthworm Acute Toxicity Teste**. Paris.

PAPINI, S.; ANDRÉA, M.M.; Ação de minhocas *Eisenia foetida* sobre a dissipação dos herbicidas Simazina e Paraquat aplicados no solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. Vol 8. nº1, Viçosa Jan/Fev, 2004.

PEDLOWSKI, M.A.; DE AQUINO, S.L.; CANELA, M.C.; DA SILVA, I.L.A. **Um estudo sobre a utilização de agrotóxicos e os riscos de contaminação num assentamento de reforma agrária no Norte Fluminense**. Journal of Brazilian Society of Ecotoxicology, v.1. n.2, p.185-190, 2006.

PEREIRA, E.L.; GUERREIRO, M.C.; GONÇALVES, M. **Avaliação da movimentação e degradação de atrazina em Latossolo Vermelho Distrófico (LVd)**, 29ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ). s/data. Disponível em <<https://sec.sbq.org.br/cd29ra/resumos/T1486-1.pdf>> acessado dia 25/10/2008.

PERES, F.; MOREIRA, J.C. Saúde e Ambiente e Sua Relação Com o Consumo de Agrotóxicos em um Pólo Agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil; **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 2007

PERES, F.; MOREIRA, J.C. É VENENO OU É REMÉDIO? AGROTÓXICOS, SAÚDE E AMBIENTE, **Caderno saúde pública**, vol.21. Rio de Janeiro, Janeiro/Fevereiro 2005. Editora Fio Cruz, edição 2003.

PINHO, A.P.; MATOS, A.T.; COSTA, L.M.; MORRIS, L.A.; JACKSON, R.C.; WHITE, W.; MARTINEZ, M.A. **Retenção de Atrazina, Picloram e Caulinita em Zona Ripária Localizada em Área de Silvicultura**, Tese de Doutorado, Universidade de Viçosa-MG, Engenharia da Agricultura, v.12.n 4.240-260, Out/Dez , 2004.

Poluição dos solos. Disponível em
<http://www.achetudoeregiao.com.br/ANIMAIS/poluicao_do_solo.htm>

PORTARIA NORMATIVA DO IBAMA Nº 84, de 15 de Outubro de 1996, "**Estabelece critérios a serem utilizados junto ao IBAMA, para efeito de registro e avaliação do potencial de periculosidade ambiental (PPA) de agrotóxicos, seus componentes e afins.**" Disponível em <www.projetoselva.com.br/normas/portibama84_96.doc> acessado dia 24/10/2008.

QUEIROZ, B.P.V.; MONTEIRO, R.T.R. **Degradação de ¹⁴C-Atrazina em solos sob condições semicontroladas**, Embrapa Informação Tecnológica, 1999.

RAMOS, A.S.; CASTILHOS, Z.C.; EGLER, S.G. **Avaliação ecotoxicológica de solo contaminado por mercúrio metálico utilizando o oligocheta *Eisenia foetida***, XIV Jornada de Iniciação Científica, CETEM. Rio de Janeiro. 2006.

RIBEIRO, R.L.D. **Resíduos de Agrotóxicos e Piretróides nos Alimentos e Sua Relação Com Doenças do Homem.** O problema de resíduos de agrotóxicos nos alimentos: um enfoque agrônomo, político e estratégico. 2001.

RAND, G.G., PETROCELLI, S.R. **Fundamentals of aquatic toxicity: methods and applications.** 1985.

RODGHER, S. **Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos dos metais cádmio e cromo em organismos planctônicos**, 2005, Tese de doutorando – Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo, 2005.

RODRIGUES, B.K. **Avaliação dos impactos de agrotóxicos na região do alto Mogi-Guaçu (MG) por meio de ensaios laboratoriais com *Danio rerio* (Cypriniformes, Cyprinidae).** 2007. 138 f. Dissertação de mestrado- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

SANTANA, H.; BONANCÊA, C.E.; TAKASHIMA, K. **Fotocálise eletroquímica de atrazina sobre dióxido de titânio: efeito de diferentes parâmetros experimentais**, Química Nova volume 26 n.6, São Paulo. Novembro./Dezembro. 2003. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000600005> acessado dia 15/08/2008.

SANTOS, E.R. **Seminário Internacional Sobre Sistema de Qualidade Laboratorial-Ecotoxicologia**, São Paulo 21 à 24 setembro de 2003.

SILVA, G.G.; RAMOS, R.F.; CIRINO, D.M.; GOMES Jr, J.A.; SILVA, J.C.; ALMEIDA, A.A.; CRUZ, S.C.F.; PESSOA, R.S.; SILVA, E.H. **Cultivo da *Eisenia foetida* em Substrato de Esterco de Gado Regado com Água e Sabão Neutro**. Uniaraxá, 2003.

SISINNO, C.L.; BULUS, M.; RIZZO, A. **Ensaio de comportamento com minhocas (*Eisenia foetida*) para avaliação de áreas contaminadas: Resultados preliminares para contaminação por hidrocarbonetos**, CETEM – Ministério da Ciência e Tecnologia Coordenação de Processos Metalúrgicos e Ambientais, agosto 2006.

SOLOS, **Relatório do Estado do Ambiente**, 1999. Disponível <<http://www.iambiente.pt/rea99/docs/27solos.pdf>> acessado dia 07/08/2008.

SPADOTTO, C.A. **Abordagem Interdisciplinar na Avaliação Ambiental de Agrotóxicos**, Revista Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar. São Manuel, 2006.

SPADOTTO, C.A.; GOMES, M.A.F.; LUCHINI, L.C.; ANDRÉA, M.M. **Monitoramento do Risco Ambiental de Agrotóxicos: Princípios e Recomendações**. EMBRAPA, 2004.

STRUJAK, D.; VIDAL, C.M.S. **Poluição das águas – Revisão da literatura**, aprovado em outubro de 2006, Revista Eletrônica Lato Sensu-Ano 2, n1, agosto de 2007. disponível em <<http://WWW.unicentro.br/propesp/posGraduacao/revista.asp>> acessado dia 18/10/2008.

VEIGA, M.M.; SILVA, D.M.; VEIGA, L.B.E. **Análise do Risco de Contaminação Ambiental por Agrotóxico nos Sistemas Hídricos do Município de Paty do Alferes, RJ**. XXV encontro nacional de engenharia de produção- Porto Alegre, RS, Brasil 2005.

VEIGA, M.M.; SILVA, D.M.; VEIGA, L.B.E.; FARIA, M.V.C. **Análise da Contaminação dos Sistemas Hídricos por Agrotóxicos numa Pequena Comunidade Rural do Sudeste do Brasil**. Caderno de Saúde Publica. Rio de Janeiro. Nov, 2006.

8. ANEXOS

Anexo 1



Figura 3. Localização do Município de Inconfidentes



Figura 5. Distribuição dos recipientes-testes na casa de vegetação



Figura 6. Detalhe dos recipientes-testes, demonstrando crescimento homogêneo



Figura 7. Realização da determinação da capacidade de retenção dos solos

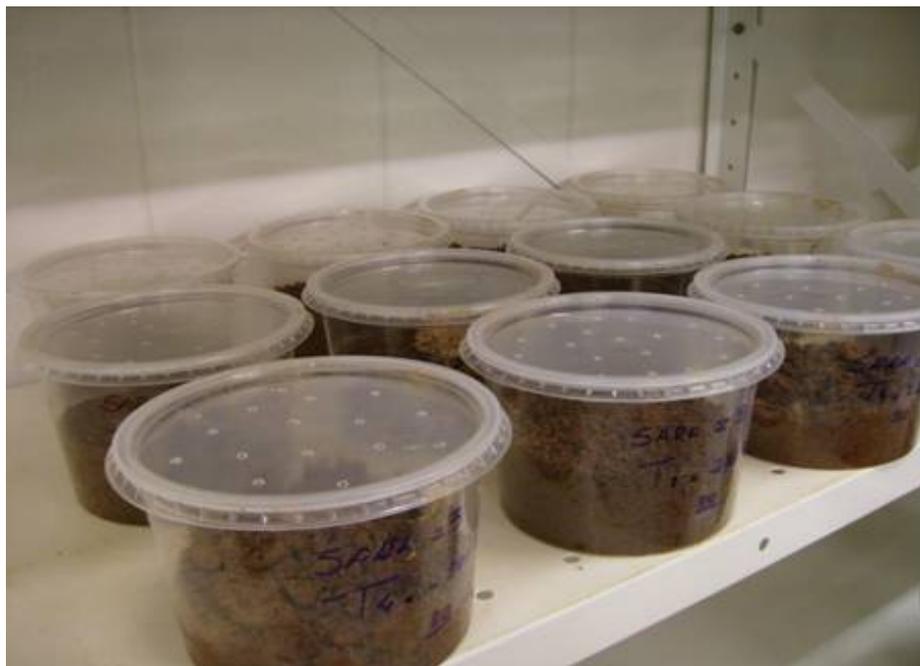


Figura 8. Distribuição dos recipientes durante o teste de toxicidade aguda



Figura 8. Minhocas da espécie *Eisenia foetida* utilizada para a realização dos ensaios

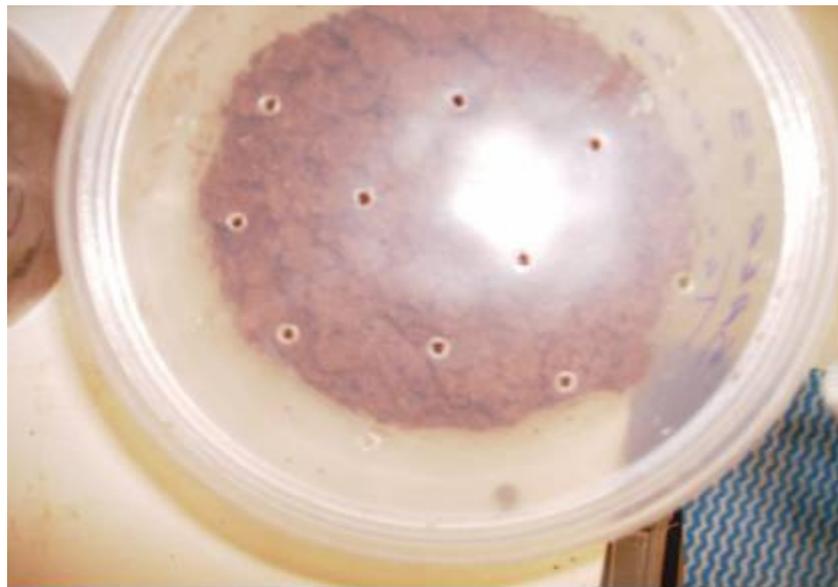


Figura 9. Potes utilizados para realização dos ensaios, todos furados para manutenção da umidade e com os solos ajustados a sua capacidade de retenção