



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Marcela Caroline Pantoja Gaspar

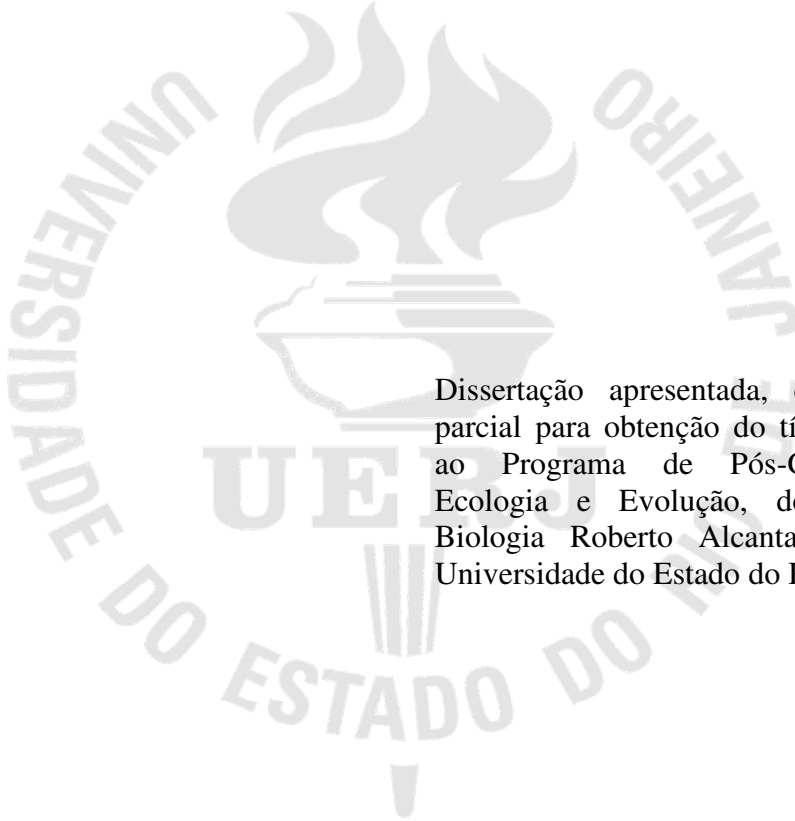
**Análise da eficiência do controle químico de *Artocarpus heterophyllus* e
avaliação ecotoxicológica do solo no Parque Estadual da Ilha Grande, RJ**

Rio de Janeiro

2015

Marcela Caroline Pantoja Gaspar

Análise da eficiência do controle químico de *Artocarpus heterophyllus* e avaliação ecotoxicológica do solo no Parque Estadual da Ilha Grande, RJ



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, do Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientadora: Prof.^a Dra. Helena de Godoy Bergallo

Rio de Janeiro

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

G249 Gaspar, Marcela Caroline Pantoja.
 Análise da eficiência do controle químico de *Artocarpus heterophyllus* e
 avaliação ecotoxicológica do solo no Parque Estadual da Ilha Grande, RJ /
 Marcela Caroline Pantoja Gaspar. – 2015.
 69f. : il.

 Orientadora: Helena de Godoy Bergallo.
 Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Universidade do Estado do
 Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.

 1. Artocarpus - Ilha Grande, Baía da (RJ) - Teses. 2. Ecossistemas - Ilha
 Grande, Baía da (RJ) - Teses. 3. Solo - Uso - Rio de Janeiro (Estado) - Teses. 4.
 Impacto ambiental - Avaliação - Teses. I. Bergallo, Helena de Godoy. II.
 Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara
 Gomes. III. Título.

CDU 582.635.3(815.2)

Autorizo para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação,
desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Marcela Caroline Pantoja Gaspar

Análise da eficiência do controle químico de *Artocarpus heterophyllus* e avaliação ecotoxicológica do solo no Parque Estadual da Ilha Grande, RJ

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução do Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 28 de abril de 2015.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Helena de Godoy Bergallo (Orientadora)
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Prof. Dr. André Felipe Nunes de Freitas
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof.^a Dra Mariella Camardelli Uzêda
EMBRAPA

Prof. Dr. Carlos Frederico Duarte da Rocha
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Prof. Dr. Rodolfo Cesar Real de Abreu
Universidade Estadual da Carolina do Norte, NC State

Rio de Janeiro

2015

Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.

Paulo Freire

AGRADECIMENTOS

O momento de agradecer é sempre tomado do sentimento de Gratidão, que floresce quando penso nas pessoas que estiveram comigo por todos os momentos. Ainda que não tenham cedido seu precioso tempo na ajuda direta desse trabalho, mas tenho certeza de que indiretamente contribuíram para a finalização dele, nos seus desejos mais profundos de força e garra em minha direção. Poderia listá-las em ordem de importância, porém acredito que cada uma teve a sua participação; Assim, o mais importante é o conjunto e não a cada uma isoladamente!

Deus, o (Senhor), Ser que acredito ser onipresente, que me guia, me acolhe e permite, a partir das minhas escolhas, que eu siga na direção dos lugares e situações que mais desejo e, portanto, Sua ajuda foi essencial na minha chegada e permanência à Cidade Maravilhosa – o Rio de Janeiro. Diante de tantos caminhos a trilhar, um deles eu conquistei – a aprovação nesse Programa de Pós Graduação, e o mais relevante - a oportunidade de contribuir cientificamente para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica Brasileira.

A minha família de sangue, em especial minha mãe, pai (“paitrocínio”), os irmãos Márcio e Márcia (tâ,tâ,tâ), pela ajuda na elaboração do mapa e demais contribuições e aos sobrinhos que, apesar de toda a distância, eu sentia todo o amor, carinho e cuidado que potencializavam minhas forças nos momentos de saudade e carência familiar. Não posso deixar de mencionar o apoio financeiro que me permitiram suprir necessidades materiais em mais essa etapa de vida estudantil sem bolsa de estudos e sempre acreditando na missão que tenho nas mãos.

A minha orientadora Helena Bergallo, por todo apoio, orientação, atenção, paciência, cuidado e troca de conhecimentos. Exemplo de mulher e cientista que pesquisa e vive com amor na busca do aprendizado e da interdisciplinaridade.

A toda equipe do Laboratório de Pequenos Mamíferos da UERJ, meninas guerreiras e selvagens: Paula, Carol e Jéssica, pelos campos inesquecíveis. Afinal, com vocês conheci mais sobre o mundo dos pequenos: peguei no “rabo do tatu”, admirei uma bolsa de um marsupial de tão perto, corri na floresta sem saber de quem (hein Jéssica?!) e, acima de tudo, aprendi e compartilhei a vida selvagem da Ilha Grande com mulheres inteligentes, engraçadas, lindas e com muita disposição para trilhar. Ao Átilla pelo apoio e ajuda nos momentos reflexivos estatísticos e visão para os artigos futuros. E, claro, todos aqueles que

fizeram parte dessa equipe: Zé, Ciro, Daniel Raíces, deixando suas contribuições para a continuidade dos estudos na Ilha. Aos meus colaboradores de campo: Jéssica, Carol, Marcos, Lucas, Daniel, Rafael e Luana pelos momentos na floresta e na viagem.

À Maria Elisabeth Correa, professora do Programa de Pós Graduação em Agronomia – Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por todo apoio desde o início do traçado dessa pesquisa até as suas importantes contribuições finais. A toda equipe do Laboratório de Fauna do Solo da Embrapa Agrobiologia, Eloísa que tornava minha viagem à Seropédica menos cansativa em cinco minutos pelas conversas e risadas, afinal de que vale a vida se não sorrirmos?! Ao Roberto por estar sempre disposto a ajudar e com a sua habilidade manual desenvolveu uma ferramenta que ajudou a diminuir a quantidade de calos em minhas mãos durante a montagem dos recipientes para os ensaios ecotoxicológicos. Ao Rafael pela companhia, pelo apoio e disponibilidade sempre que precisava.

Ao Professor, Antônio Carlos por ceder espaço em seu freezer para congelamento das amostras.

A professora Beatriz Fleury por aceitar ser a revisora desse trabalho. Ao Instituto Hórus, em especial a Silvia e a Michele pelos ensinamentos compartilhados durante os cursos de Manejo de Espécies Exóticas Invasoras em Florianópolis (SC) e na Ilha Grande (RJ).

A minha turma do mestrado que, apesar da pouca convivência, os momentos compartilhados da disciplina do Walfrido na Ilha Grande, não sairão da minha memória!

Ao Centro de Estudos Ambientais em Desenvolvimento Sustentável (CEADS), por todo apoio de logística, transporte e alimentação. Pelos sorrisos dos funcionários que, com sua simplicidade, deixavam minha viagem mais confortável e prazerosa. À Ana Paula, pela sua rica imaginação de cozinhar deliciosamente para suprir nossas necessidades nos momentos mais preciosos – a hora da nutrição!

Ao Capitão do mato de Dois Rios (seu Julinho), por transmitir seus conhecimentos de mata e poder contribuir com o operacional desse trabalho, essencial para o seu sucesso.

A minha pernambucana de Dois Rios – Teresa, por sempre me receber com abraços apertados e um sotaque gostoso.

A família Brandt Galvão, por todo carinho desde o primeiro momento de convivência no lar e na vida! Especialmente Daniel Galvão, por todo incentivo e palavras inspiradoras nos momentos que mais as necessitava ouvir.

A minha família Rural de Recife, Camis, Marikita, Luísa, Luíza (floresteira), Cinara, Geraldo Luna, Gomes e tantos outros que fizeram parte da minha história de vida universitária e claro em especial a turma Aroeira!!!! A todos os meus amigos cariocas, pernambucanos e aos andarilhos desse mundão!

Para finalizar, agradeço a NATUREZA, que me inspirou e me fez aspirar bons ares e renovar meu pulmão a cada contemplação de sua grandiosidade, enfim, ao rio Barra Pequena, por ter aquela foz tão inspiradora.

RESUMO

GASPAR, Marcela Caroline Pantoja. *Análise da Eficiência do Controle Químico de Artocarpus heterophyllus e Avaliação Ecotoxicológica do solo no Parque Estadual da Ilha Grande, RJ*. 2015.69f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

O controle de espécies exóticas invasoras é uma importante ferramenta na gestão da biodiversidade em Unidades de Conservação. A jaqueira, *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) é uma espécie exótica invasora que foi introduzida no Brasil no período colonial e se encontra em altas densidades no Parque Estadual da Ilha Grande (PEIG), Estado do Rio de Janeiro. Atualmente, as tentativas de controle dessa espécie são direcionadas às técnicas do controle mecânico (anelamento), corte do tronco e posterior aplicação de herbicida na sua base e arranquio de plântulas. O uso do controle químico utilizando injeção do herbicida Triclopir aplicado no seu tronco foi testado anteriormente em baixas dosagens, demonstrando pequena eficiência, porém mais vantajosa do que o anelamento. O objetivo dessa pesquisa foi testar uma nova dosagem do princípio ativo Triclopir, a fim de aumentar a eficiência no controle de *A. heterophyllus* no PEIG e avaliar o impacto na macrofauna do solo. Nós utilizamos a minhoca *Eisenia andrei* (Oligochaeta) como bioindicadora da qualidade do solo, através de ensaios de comportamento, toxicidade aguda (mortalidade) e crônica (reprodução) em solos retirados da área objeto de controle da espécie-alvo. Nós injetamos o herbicida Triclopir (presente no produto de nome comercial Garlon 480[®]) diluído em água nas concentrações de 6 e 8% no tronco de árvores de jaqueiras com DAP ≥ 10 cm. As árvores apresentaram DAP médio de $27,8 \pm 10,5$ cm e altura média do fuste (solo até a primeira bifurcação) de $7,5 \pm 3,4$ m. A declividade do terreno onde os indivíduos se encontravam foi em média de 5° com amplitude entre 0° e 35°. Após 310 dias, as dosagens avaliadas não diferiram significativamente no estado fitossanitário de morte. A dosagem de 6% de Triclopir foi suficiente para o sucesso no controle da espécie com DAP ≥ 10 cm. Os resultados demonstraram que não houve correlação entre a eficiência da concentração das dosagens, DAP e declividades de localização do indivíduo. A eficácia do produto variou entre 93,5 e 100%. A avaliação ecotoxicológica do solo mostrou que o bioindicador não apresentou quaisquer sinais de intoxicação visual, comportamental ou de reprodução após ser submetido às dosagens utilizadas nas áreas de estudo. Embora a avaliação de uma única espécie não deve ser integralmente representativa para a verificação da disponibilidade de um contaminante no meio, os resultados do presente estudo apontam para a utilização de uma nova dosagem no controle químico da jaqueira.

Palavras chave: Controle químico. Jaqueiras. Triclopir. Ecotoxicologia. Minhocas.

ABSTRACT

GASPAR, Marcela Caroline Pantoja. Analysis of *Artocarpus heterophyllus* Control Chemical Efficiency and Ecotoxicological Evaluation in the Ilha Grande State Park, RJ. 2015. 69f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

The control of alien species invasive is an important tool for biodiversity management in official protected areas. Jackfruit, *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae), is an invasive alien species that was introduced in Brazil in the colonial period and is in high densities in the Ilha Grande State Park, Rio de Janeiro State. The attempts control of this species are directed to mechanical control techniques (annealing), cut the stem and subsequent herbicide application at the base of the stump and uprooting seedlings. The use of chemical control using injection triclopyr herbicide (active substance) applied on its trunk was previously tested at low dosages, showing still low efficiency, however more advantageous than the physical control (annealing). The objective of this research was test a new dosage of the active ingredient triclopyr in order to get a better efficiency in the control of *A. heterophyllus* in Ilha Grande and evaluate if there was impact on soil macrofauna. We used the earthworm *Eisenia andrei* as soil quality bioindicator through avoidance tests, acute and chronic toxicity with soil removed from the target species of the control object area. We injected the Garlon® herbicide diluted to 6 and 8% in the jackfruit tree trunk with DBH ≥ 10 cm. The jackfruit showed average DBH of 27.8 ± 10.5 cm and average stem height (ground to the first bifurcation) of 7.5 ± 3.4 m. The average slope of the land where individuals were averaged 5° with amplitude between 0° and 35° . The results showed that the dosage of 6% of Triclopyr diluted in water is sufficient for success in specie control with DBH ≥ 10 cm. After 310 days, both dosages did not differ significantly in the phytosanitary state of death. The results demonstrate that there is no correlation between the efficiency of the dosage compared to the DAP and individual slope location. The effectiveness of the product ranged between 93.5 and 100%. The ecotoxicological evaluation of the soil showed that the bio-indicator did not show any signs of visual intoxication, behaviour or reproducing after being subjected to high and low dosage used in the individuals on the tests. Although the assessment of a single species can not be fully representative for checking the availability of a contaminant in the environment, the results of this study indicate the use of a new method of controlling the jackfruit.

Key-words: Chemical control. Jackfruit. Triclopyr. Ecotoxicology. Earthworms.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Curva sobre o processo de invasão de uma espécie exótica invasora em uma dada área (Área infested) ao longo do tempo (Time) e sua relação com os custos de Manejo (control costs)	20
Figura 2 -	Mapa de Localização da área de estudo	27
Figura 3 -	Mapa de Distribuição Espacial das Jaqueiras na área de estudo	28
Figura 4 -	Atividades operacionais do Controle Químico de <i>Artocarpus heterophyllus</i> na área de estudo	31
Figura 5 -	Profundidade da coleta de solo para Avaliação Ecotoxicológica	33
Figura 6 -	Aspecto do solo artificial (SAT) antes e após a mistura de seus componentes	34
Figura 7 -	Esquema da montagem do ensaio comportamental de <i>Eisenia andrei</i>	35
Figura 8 -	Posicionamento do bioindicador e das amostras durante ensaio comportamental	37
Figura 9 -	Procedimento de montagem do teste de toxicidade aguda de <i>Eisenia andrei</i>	38
Figura 10 -	Condução e desmontagem do ensaio de mortalidade.....	39
Figura 11 -	Procedimento de contagem de juvenis no término do ensaio de toxicidade crônica	40
Figura 12 -	Avaliação da eficiência do controle químico de <i>Artocarpus heteropyllus</i>	43
Figura 13 -	Avaliação da eficiência do controle químico de <i>Artocarpus heteropyllus</i>	44
Figura 14 -	Aspecto da copa de jaqueiras após 60 dias do controle químico (Tratamento Remanescente – RE)	45
Figura 15 -	Aspecto do tronco de jaqueira (<i>Artocarpus heteropyllus</i>) após 120 dias de aplicação do controle químico (Tratamento Tratada Atualmente – TA)	46
Figura 16 -	Monitoramento do estado fitossanitário de jaqueiras após o controle químico com Triclopir nos tratamentos	47

Figura 17 -	Comportamento de <i>Eisenia andrei</i> na comparação de solos provenientes de áreas com jaqueiras tratadas quimicamente (TA e RE) e solos testemunho (T)	48
Figura 18 -	Aspecto normal do bioindicador <i>Eisenia andrei</i> após ensaio comportamental	50
Figura 19 -	Análise do crescimento e Porcentagem de Mortalidade de <i>Eisenia andrei</i> em ensaio de toxicidade aguda	50
Figura 20 -	Número médio de juvenis de <i>Eisenia andrei</i> nos tratamentos após ensaio de Toxicidade crônica	51
Figura 21 -	Área de regeneração após operação de controle químico em Jaqueiras	54
Figura 22 -	Área ocupada pela <i>Tradescantia zebrina</i> (folha roxa) após 60 dias da operação de controle químico em jaqueiras, trilha da Parnaioca, Ilha Grande – RJ	55
Figura 23 -	Área ocupada por comigo-ninguém-pode (<i>Dieffenbachia amoena</i>) após 60 dias do uso de controle químico em jaqueiras, trilha da Parnaioca, Ilha Grande – RJ	56
Figura 24 -	Áreas com expansão da distribuição de <i>Tradescantia zebrina</i> e posterior sombreamento pelos arbustos nativos, após 12 meses do controle químico de indivíduos de jaqueira, trilha da Parnaioca, Ilha Grande – RJ	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Relação do número total de árvores tratadas e vivas após 310 dias do controle químico e eficácia do princípio ativo Triclopir utilizado.	42
Tabela 2 -	Valores do Teste de Fisher dos tratamentos na Avaliação de <i>Eisenia andrei</i> no Ensaio comportamental	49
Tabela 3 -	Valores de p (Teste de Tukey) nos tratamentos no Ensaio de toxicidade crônica de <i>Eisenia andrei</i>	51
Tabela 4 -	Resultados da análise química na área de estudo no tratamento Testemunha	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Agência Brasileira de Normas Técnicas
ANOVA	Análise da variância
APP	Área de Preservação Permanente
CAP	Circunferência a altura do peito
CDB	Convenção sobre Diversidade Biológica
CONABIO	Conselho Nacional de Biodiversidade
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COP	Conferência das Partes
DAP	Diâmetro a altura do peito
DAA	Dias após tratamento químico
DECL	Declividade
DL	Dose letal
EEl	Espécie Exótica Invasora
EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América
EMBRAPA	Agência Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EC50	Concentração letal para impedir a reprodução de 50% do bioindicador
GISP	Programa Global de Espécies Exóticas Invasoras
Hf	Altura do fuste
ISO	Organização Internacional para a Padronização
LOEC	Menor concentração sem efeito observável
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NOEC	Maior Concentração sem efeito observável
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
OECD	Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico
RE	Remanescentes
SAT	Solo Artificial
TA	Tratados Atualmente

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO GERAL	
1	ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS	15
1.1	A espécie <i>Artocarpus heterophyllus</i> como espécie exótica invasora no Brasil	17
1.2	Manejo de Plantas Exóticas Invasoras	18
1.3	O Princípio Ativo Triclopir	21
1.4	Ecotoxicologia Terrestre	23
2	OBJETIVOS	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Área de estudo	26
3.2	Levantamento dos dados	29
3.3	Desenho amostral	29
3.4	Tratamento químico	30
3.5	Ensaio ecotoxicológicos	31
3.5.1	<u>Dosagem nas áreas de estudo</u>	32
3.5.2	<u>Coleta do solo</u>	32
3.5.3	<u>Ensaio laboratoriais</u>	33
3.5.4	<u>Ensaio comportamental (<i>avoidance</i> ou fuga)</u>	35
3.5.5	<u>Ensaio toxicidade aguda (mortalidade)</u>	38
3.5.6	<u>Ensaio de toxicidade crônica (reprodução)</u>	39
3.5.7	<u>Desenho experimental</u>	41
4	RESULTADOS	42
4.1	Análise da Eficiência do Controle de <i>Artocarpus heterophyllus</i>	42
4.2	Avaliação da fitossanidade das árvores submetidas ao controle químico	44
4.3	Avaliação Ecotoxicológica do Solo	47
4.3.1	<u>Ensaio de comportamento (fuga)</u>	48
4.3.2	<u>Teste de toxicidade aguda (mortalidade)</u>	49
4.3.3	<u>Teste de toxicidade crônica (reprodução)</u>	51
4.4	Análise Química do Solo	52
5	DISCUSSÃO	53
	CONCLUSÃO	60
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICE A - Tabela 1 - Coordenadas UTM dos pontos de amostragem da Análise Ecotoxicológica	69

INTRODUÇÃO GERAL

1 ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS

A dispersão de espécies por razões antrópicas ocorre desde a época dos povos nômades, que as transportavam para sua sobrevivência (MCNEELY, 2001). O colonialismo europeu na busca por novos territórios marcou o início de uma nova era de introdução de espécies, na qual buscou-se recriar ambientes semelhantes aos locais de origem, aumentando consideravelmente o transporte de espécies para as colônias (CROSBY, 1986). Atualmente, a facilidade de transporte, comércio e turismo entre continentes aumentou consideravelmente o deslocamento de plantas e animais em torno do globo.

A preocupação com o impacto desses deslocamentos de espécies tornou-se tema de discussão na Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB, 1992) na 6ª Conferência das Partes (COP-6 Decisão VI/ 23,2002), que definiu que uma espécie é considerada exótica quando esta se encontra em local diferente ao de sua distribuição natural, sendo a introdução realizada pela espécie humana de forma voluntária ou involuntária. Quando a reprodução, a geração de descendentes férteis e a expansão de sua distribuição ameaçam a diversidade biológica, essa passa a ser denominada como uma espécie exótica invasora (EEI).

Espécies exóticas invasoras constituem, atualmente, a segunda causa mundial de extinção de espécies no planeta, causando impactos na biodiversidade, economia e saúde humana (MMA, 2006). Estudos revisados por Mooney; Cleland (2001) mostraram como determinadas EEI evoluem em resposta aos seus novos ambientes bióticos e abióticos, alterando a trajetória evolutiva das espécies nativas com as quais interagem, tais como em ilhas, especialmente as oceânicas, onde os efeitos de EEI são ainda mais evidentes, por interferência nos fatores diretos (hibridação) e indiretos (alterações em traços comportamentais, deslocamento de nicho, mutualismo até a extinção de espécies nativas).

O Brasil, que abriga a maior biodiversidade do planeta, é um dos países signatários da Convenção e por meio do Decreto nº 2 de 3 de fevereiro de 1994, assumiu o compromisso legal de adotar e aplicar no seu território, as suas ações e princípios, através da prevenção à introdução, controle e erradicação de EEI que ameacem ecossistemas ou espécies nativas (BRASIL, 1994). O art. 61 da Lei Federal nº 9605 de 1998 considera crime sujeito a reclusão,

de um a quatro anos, e multa, a disseminação de espécies que possam causar danos à agricultura, pecuária, fauna, flora ou ecossistemas (Lei Federal nº 9605/98).

Segundo o Programa Global de Espécies Exóticas Invasoras (GISP), na avaliação do impacto de EEI, é necessário observar, além da conservação à biodiversidade, o impacto socioeconômico nos serviços ecossistêmicos como a disponibilidade de água, polinização de culturas, degradação de solos, contribuição à propagação de doenças, além dos aspectos culturais como oportunidades de lazer e realização espiritual. Assim, tais espécies podem chegar a comprometer socialmente o bem-estar de uma população humana, trazendo dificuldades econômicas e/ou afetando a segurança alimentar da região (GISP, 2007).

As metas de Aichi, estabelecidas pela Convenção no Plano Estratégico de Biodiversidade 2011-2020 estabelecem que os países signatários realizem a identificação dos vetores e vias de dispersão, o controle ou erradicação de espécies prioritárias e a prevenção da introdução e estabelecimento de espécies exóticas invasoras no prazo estabelecido. Para tanto, sugeriu-se a adoção do princípio da precaução, onde as espécies exóticas são tratadas como potencialmente invasoras, e por isso, a falta de certeza científica do impacto no ecossistema não deve ser utilizado como justificativa para prorrogar a sua contenção, controle ou erradicação (CDB, 2011 meta 9 de Aichi).

O Decreto n.º 4.339, de 22 de agosto de 2002, que instituiu a Política Nacional da Biodiversidade, cita a recomendação de erradicação e o controle de EEI's como forma de proteção à biodiversidade brasileira, e estabelece que onde exista evidência científica consistente de risco sério e irreversível à diversidade biológica, o Poder Público determinará medidas eficazes em termos de custo para evitar a degradação ambiental (BRASIL, 2002). Sob o ponto de vista de erradicação de EEI em Áreas de Proteção Permanente (APP), a Resolução CONAMA n.º 369, de 28 de março de 2006 em seu Artigo 2.º, reafirma as disposições da Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, ao considerar de interesse social a erradicação de EEI, quando se mostrar necessária o seu uso, seguido do plantio com espécies nativas (BRASIL, 1965; CONAMA, 2006).

A Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras, publicada através da Resolução da Comissão Nacional de Biodiversidade - CONABIO nº 05 de outubro de 2009, trata dentre outras questões, o conhecimento científico e incentiva a definição e criação de protocolos específicos para a prevenção, controle e erradicação de EEI detectadas no País (BRASIL, 2009).

No Rio de Janeiro, o Decreto nº 338149, de 18 de maio de 2011 instituiu o Programa Municipal de Controle de Espécies Exóticas Invasoras, o qual deverá criar resoluções, normas

e procedimentos para autorizações, licenciamento, monitoramento e controle de EEI no município. Concedeu ainda, autonomia a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) para a implementação de procedimentos simplificados que desonerem o processo de remoção das espécies constantes da lista de espécies invasoras no município pela iniciativa privada e, incentivem a execução de projetos de recuperação ambiental para restauração da diversidade biológica em áreas dominadas por EEI. O decreto sugere ainda, a atualização periódica da lista de espécies da fauna e flora, reconhecidas como exóticas invasoras no município.

1.1 A espécie *Artocarpus heterophyllus* como espécie exótica invasora no Brasil

A jaqueira, *Artocarpus heterophyllus* é nativa do sudeste asiático, pertencente à família botânica Moraceae, cujo nome é de origem grega e significa ártos (alimento) e karpós (fruto). O epíteto específico *heterophyllus* deriva também do grego heteron (distinto) e pyllus (folha), pois as folhas são inteiras quando adultas e possuem formato recortado na fase juvenil (CHAVES et.al,1967).

Os indivíduos da espécie podem atingir até 1 m de diâmetro do tronco (CÔRREA, 1978). Sua fruta é uma das maiores do mundo, chegando a pesar até 40 kg e podendo alcançar a produção de até 100 frutos por ano com até 500 sementes por fruto (CRANE, 2002). Registros da espécie estão ligados à antiga civilização Harappeana (2500-1000 a.C.), localizada na cidade de Harappa (atual Paquistão), onde, para aquela civilização, a jaqueira representava o início da estação Grismá - o verão (CALAZANS, 2005).

As grandes navegações que desencadearam o processo europeu de expansão colonialista foram utilizadas como meio de transporte para a chegada de diversas plantas exóticas no Brasil. O rei de Portugal ordenou ao vice-rei da Índia, o envio de plantas de interesse às colônias, como foi o caso da Jaqueira, que teve seu primeiro registro datado em janeiro de 1683 na província da Bahia (FERRÃO, 1993; DEAN, 2002). A espécie foi amplamente difundida no paisagismo pelo francês Auguste Glaziou, contratado por D. Pedro II, passando a compor a lista de espécies utilizadas em parques urbanos do Rio de Janeiro, em meados do século XIX (BONI et al, 2009).

Fabricante et al (2012) em estudo na Mata Atlântica do Nordeste, constataram que *A. heterophyllus* altera de forma negativa os solos dos sítios invadidos. Geiseler (2014) verificou que a presença da jaqueira impacta a diversidade e a composição florística, modificando a

estrutura da comunidade, tanto no estrato adulto como na regeneração natural de espécies nativas em área de Mata Atlântica em Pernambuco. Atualmente, a jaqueira ocupa densamente áreas de Unidades de Conservação do Estado do Rio de Janeiro, tais como Parque Nacional da Tijuca (ABREU, 2010), Parque Natural Municipal do Mendanha (GOMES, 2007) e o Parque Estadual da Ilha Grande (RAÍCES, 2011; CAIRES et.al, 2013).

Em avaliação do impacto na composição da comunidade de mamíferos em relação a áreas com diferentes densidades de jaqueira na Ilha Grande, Raíces (2011) verificou que as abundâncias de espécies frugívoras como *Cuniculus paca* (paca), *Dasyprocta aguti* (cutia), *Guerlinguetus ingrami* (esquilo) e *Trinomys dimidiatus* (rato-de-espinho) foram maiores em áreas com altas densidades de jaqueiras. E, por outro lado, espécies insetívoras como o tatu-galinha *Dasypus novemcinctus*, o rato-toupeira *Oxymycterus dasytrichus* e a catita *Monodelphis americana* foram mais abundantes em áreas sem a presença de jaqueiras. O autor afirma que ausência do roedor *O. dasytrichus* nas áreas com jaqueiras pode estar relacionada com as mudanças na estrutura ou composição do solo, visto que a alta densidade de jaqueira altera o aporte de nutrientes do solo podendo interferir diretamente nas áreas de forrageamento desse roedor, ou ainda por mudanças ou diminuição das espécies de artrópodes de solo nestas áreas.

1.2 Manejo de Plantas Exóticas Invasoras

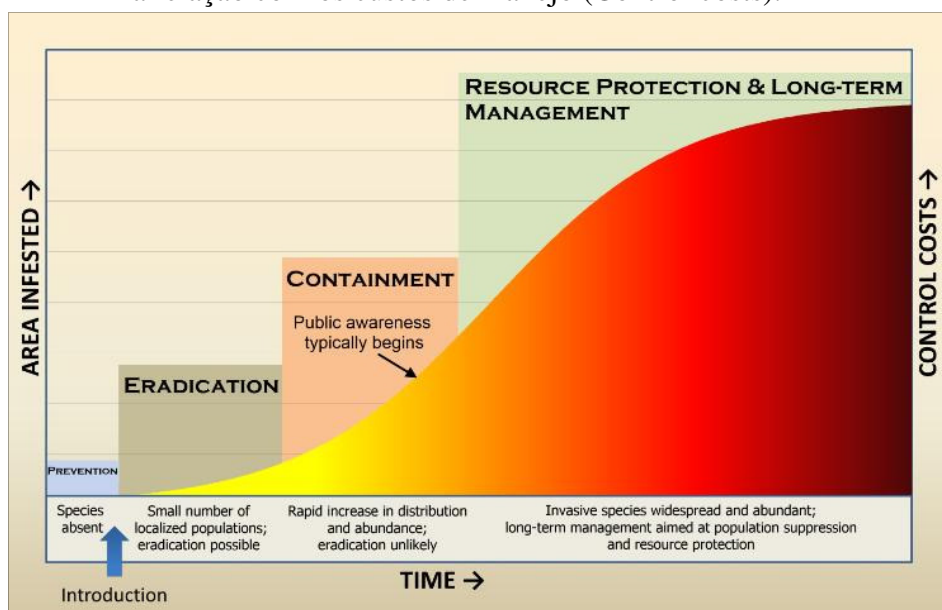
Na gestão de áreas ocupadas por EEI, a prevenção e erradicação são as medidas iniciais a serem tomadas, e o uso da estratégia de controle corresponde ao último recurso para a intervenção, cujo objetivo se baseia na redução da densidade e abundância da espécie-alvo num tamanho mínimo que não cause impacto (WITTENBERG; COCK, 2001). O manejo de plantas exóticas invasoras pode envolver a combinação de métodos de controle físico, químico e/ou biológico. O uso do controle físico (mecânico) refere-se à sua remoção com uso de ferramentas ou máquinas através do arranquio, corte, anelamento ou, no caso de plantas aquáticas, sua retirada da água. O controle químico implica no uso de herbicidas, enquanto o controle biológico se refere à redução de populações invasoras através da introdução de outro organismo, como insetos ou microorganismos que se alimentam ou parasitam a planta alvo (SHINE, 2008).

A aplicação pontual de herbicidas sobre partes de plantas invasoras em áreas naturais tem gerado resultados eficazes em Ilhas do Havaí e em diversas partes do mundo (e.g. MOTOOKA et al., 2002; TU et al., 2001). No Brasil, há protocolos de controle específicos para determinadas espécies (DECHOUM; ZILLER, 2013), e estudos que avaliaram a eficiência no uso de métodos químico e físico (MOURA; BERGALLO, 2010) e a influência na presença de biomassa da espécie-alvo após uso do controle químico (ZAMPAR, 2014).

A escolha do método de aplicação do herbicida depende do porte da espécie, de sua forma de propagação e capacidade de rebrota, período de frutificação, a área de ocupação, o princípio ativo e a forma de aplicação do herbicida a ser utilizado, bem como o local de aplicação na planta e a capacidade do operador (TU et al., 2001; MOURA; BERGALLO, 2010). Na prática, a aplicação pode ser feita das seguintes formas: Diretamente nas folhas (aplicação foliar), em torno da circunferência do tronco (com a casca intacta), aplicação na base de um corte feito na casca, abate da árvore e aplicação na base do toco e, ainda, através da injeção do herbicida no tronco (TU et al., 2001).

Em termos econômicos, a minimização dos custos financeiros pode ser planejada através da observação do comportamento da espécie invasora no local e sua relação com o investimento financeiro disponível. A curva da invasão (Figura 1) retrata a viabilidade das operações de manejo (prevenção, erradicação e controle) de uma espécie (com potencial invasor) a partir de sua introdução. À medida que ocorre a expansão da população da espécie-alvo (invasora), o uso de técnicas de manejo se torna mais amplo, baseando-se numa gestão em longo prazo com altos custos relacionados. Dessa forma, o melhor uso dos recursos financeiros é feito através da prevenção e erradicação (HARVEY; MAZOTTI, 2014).

Figura 1 - Curva sobre o processo de invasão de espécie exótica invasora em uma dada área (Área infestada) ao longo do tempo (Time) e a relação com os custos de manejo (Control costs).



Fonte: HARVEY; MAZZOTTI, 2014. Adaptado da legislação de plantas e animais invasores do estado de Victoria, Florida, 2010. Disponível em: <edis.ifas.ufl.edu/uw392 > Acesso em: 10 jan. 2015.

Diante disso, uma avaliação coerente no entendimento das transformações ocorridas na área em que a espécie-alvo será manejada é essencial para a definição de prioridades e metas realistas (D'ANTONIO; MEYERSON, 2002), assim como para as formas de monitoramento a serem empregadas. O uso da estratégia do manejo adaptativo torna-se oportuna para as decisões de gestão diante da problemática de EEI's, onde o controle dessas é utilizado como ferramenta de diagnóstico para avaliar e traçar novos objetivos a partir da observação relativa à área, espécie e método escolhido, perfazendo assim um ciclo contínuo de ações, monitoramento, aprendizagem e ajuste de novas ações, permitindo o aumento da eficiência das práticas de controle de tais espécies (ZALBA; ZILLER, 2007).

Considerando a complexidade dos processos ecológicos, o estabelecimento da EEI afeta a resiliência do sistema de tal forma que, mesmo após a retirada dos organismos invasores, pode não acontecer o retorno ao estado pré-invasão (LOCKWOOD et al. 2013). Neste caso, destaca-se a importância das operações de controle e erradicação estarem integradas às estratégias de monitoramento para que esse seja utilizado como ferramenta de diagnóstico, na busca por métodos que considerem as mudanças ocorridas em cada área. Como no exemplo do manejo aplicado no Parque Provincial Ernesto Tornquist, na Sierra de la Ventana - Argentina, onde a restauração dos campos de pastagem nativas, alterados pelo

estabelecimento e invasão de espécies exóticas lenhosas, consiste em estudos de monitoramento da estrutura da vegetação e estratégias de dispersão dessas espécies, pelos quais são estabelecidas as prioridades de controle no Parque (ZALBA; VILLAMIL, 2002).

1.3 O princípio ativo Triclopir

O princípio ativo Triclopir Éster Butoxi Etilico, presente no herbicida de nome comercial Garlon 480[®] (Dow AgroSciences), pertence ao grupo conhecido por reguladores de crescimento ou auxinas sintéticas, devido à similaridade com o hormônio natural das plantas – auxina. A translocação do herbicida pode ocorrer tanto no floema quanto pelo xilema da planta, porém esse processo se difere entre os produtos e espécies. O seu mecanismo de ação na planta tem como consequência a promoção de um alongamento acelerado e divisão celular desordenada nas partes novas, levando a sua morte (OLIVEIRA, JR et al., 2011). A meia-vida¹ média do Triclopir no solo é de 30 dias (TU et al, 2001).

O uso histórico do grupo está relacionado ao primeiro composto sintetizado pela indústria como herbicida seletivo, na proporção de 1:1 das substâncias: ácido 2,4-diclorofenoxiacético (popularmente conhecido como 2,4-D) e ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T), utilizados na Guerra do Vietnam. O produto ficou conhecido como "agente laranja", que tinha por objetivo desfolhar a trilha da selva que era utilizada pelos soldados norte-vietnamitas como rota de suprimento para abastecer os guerrilheiros do sul pela região da fronteira, tornando a rota visível pelas aeronaves norte-americanas ao sobrevoarem a região. Dessa forma, necessitando de uma grande quantidade do produto, os americanos impulsionaram a sua fabricação e, como consequência, fórmulas iniciais continham níveis inaceitáveis de um subproduto da síntese do 2,4,5-T: o tetraclorodibenzo-p-dioxina (TCDD). Ao final, a estratégia tornou-se inviável, pois os vietnamitas modificavam a rota quando observavam as clareiras na vegetação em resposta ao agente laranja. Os efeitos negativos desse contaminante, especialmente na população humana local, até hoje são motivos de discussões e polêmicas (OLIVEIRA JR, 2011).

¹ A meia vida de um herbicida é o tempo médio necessário para que metade da quantidade do herbicida seja degradada, representando a sua persistência no solo.

A substância 2,4 D teve sua patente autorizada para uso na agricultura desde 1945, mas até hoje seu uso gera polêmicas acerca de autorizações, como em audiência pública em que a Coordenação-Geral da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança concedeu em no dia 5 março de 2015, permissão para a empresa Dow AgroSciences cultivar milho transgênico resistente, dentre outros herbicidas, ao 2,4 D (DE OLIVEIRA, 2015).

O Brasil é o maior consumidor de produtos agrotóxicos no mundo e tem o Decreto nº 4074/02 como lei norteadora de ações como a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins e outras providências (MMA, 2015).

Dessa forma, o uso indiscriminado de agrotóxicos na produção agrícola, o escasso número de pesquisas que avaliem o impacto das EEI em Unidades de Conservação e a falta de educação ambiental a respeito do tema resultam na dificuldade de compreensão da importância do uso de herbicidas (pontual e controlado) em manejos que utilizam o controle químico como única alternativa viável.

O manual do produto comercial Garlon 480[®] (Dow Agrosciense) afirma que o herbicida é altamente móvel, podendo percolar no solo. Contudo, acredita-se que tal afirmação se deve ao fato da forma de recomendação de seu uso (diretamente nas plantas ou com o uso de aspersão por aeronaves de até 50 L/ha (em pastagens e plantações de arroz), podendo assim, atingir mais facilmente o solo e escoar superficialmente. Por outro lado, se aplicado diretamente no tronco cortado das árvores, o Triclopir não percola no solo, uma vez que não é exsudado pelas raízes (TU et.al, 2001) *apud* DECHOUM; ZILLER, 2013.

O uso do método de injeção do Triclopir no tronco de jaqueiras foi realizado de forma pioneira no Brasil por Moura; Bergallo (2010) na Ilha Grande, em razão da alta densidade de jaqueiras em terrenos inclinados e para evitar que a queda das árvores atingisse espécies nativas, uma vez que o uso do método favorece a lenta decomposição do indivíduo alvo de controle. Os referidos autores avaliaram a eficiência dos métodos mecânico (anelamento) e químico (injeção do Triclopir² na dosagem de 2% na altura de 1,3 m do solo), verificando que a maior taxa de mortalidade (20%) em indivíduos com DAP até 30 cm ocorreu no controle químico. Embora, a taxa de mortalidade tenha sido baixa, o método se mostrou eficaz e de

² A formulação de nome comercial Garlon 480[®], contém aproximadamente 50% de Triclopir no seu volume. Portanto, para efeitos de cálculos de aplicação, deve ser utilizado o dobro de Garlon 480[®] para a concentração desejada de Triclopir.

fácil utilização. Contudo, ainda se fez necessário encontrar a dosagem eficiente para uso em indivíduos de maior porte.

1.4 Ecotoxicologia terrestre

O termo ecotoxicologia foi proposto em 1969 pelo toxicologista francês Rene Truhaut, para denominar a ciência que “estuda os efeitos das substâncias naturais ou sintéticas sobre os organismos vivos, populações e comunidades, animais ou vegetais, terrestres ou aquáticas, que constituem a biosfera” (FLYNN; PEREIRA, 2011). Atualmente, os estudos padronizados com testes laboratoriais no Brasil, seguem protocolos da ABNT (Associação Brasileira de Normas e Técnicas), ISO (*International Organization for Standardization*), OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*) e da EPA (*Environmental Protection Agency – USA*), permitindo assim comparação de ensaios com substâncias potencialmente poluidoras provenientes de atividades antrópicas.

O estudo da toxicidade terrestre ainda é uma ciência nova, tendo se desenvolvido na década de 1990, especialmente na Europa, EUA e Canadá (RÖMBKE et.al, 2006), utilizando minhocas, colêmbolos e enquitreídeos como representantes de ambientes edáficos e bioindicadores. Portanto, quanto mais estudos, validações e situações forem analisadas em regiões tropicais, maior será a confiabilidade dos resultados (BIANCHI et.al, 2010).

Considerando a importância das funções dos organismos do solo na decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e estabilidade estrutural do solo, as regiões tropicais, em comparação com as temperadas, possuem poucos estudos que avaliem o impacto de herbicidas (GARCIA, 2004). Nos últimos anos ensaios de laboratório têm sido realizados com as espécies pertencentes ao gênero *Eisenia* (PAPINI; ANDREA 2001; LIMA, 2010; CANTELLI et.al, 2010; NUNES, 2010). No entanto, estes estudos não têm considerado as interações dos herbicidas com outros organismos em campo, apesar da sua importância por possibilitarem o controle de fatores externos, a padronização de organismos e comparações (CORTET et.al, 1999).

A posição das minhocas nos níveis mais baixos da cadeia trófica terrestre pode trazer observações quanto à toxicidade direta de herbicidas nesses organismos (testes comportamentais e de mortalidade) e indireta através da alteração no crescimento e fertilidade. Além disso, pode representar uma fonte de contaminação de espécies de níveis

tróficos superiores da teia alimentar, como as aves (PAOLETTI, 1999), situações que as caracteriza como bons representantes e bioindicadores frente à resposta da dinâmica desses compostos nos solos.

O uso das espécies *Eisenia fetida* Savigny e *E. andrei* Bouché em ensaios ecotoxicológicos que avaliam a influência do agrotóxico na macrofauna do solo, têm sido alvo de críticas por serem nativas de clima temperado e manterem-se na camada mais superficial do solo, alimentando-se de resíduos vegetais. Contudo, em teste que avaliou a diferença na sensibilidade à intoxicação por carbendazim, carbofurano e glifosato na minhoca nativa da região neotropical *Pontoscolex corethrurus* Müller e na espécie de regiões temperadas *Eisenia andrei* Bochè, Buch et.al (2010) verificaram que as duas espécies possuem sensibilidade similares nos ensaios ecotoxicológicos agudos e comportamentais.

A presente pesquisa caracteriza-se como pioneira no uso de minhocas como organismos bioindicadores na avaliação de impacto na macrofauna do solo, após controle químico de jaqueira em Unidade de Conservação do Rio de Janeiro.

Nesse contexto, o presente estudo propõe avaliar a eficiência do controle químico em jaqueiras e o efeito do produto sobre minhocas.

2 OBJETIVOS

O presente estudo teve por objetivo comparar a eficiência do método de injeção de herbicida no tronco de *Artocarpus heterophyllus*, testando duas dosagens (6 e 8%) do Triclopir, utilizando o produto de nome comercial Garlon 480[®] diluído em água, comparando indivíduos remanescentes do controle químico realizado por Moura; Bergallo (2010) e indivíduos nunca submetidos ao tratamento. Além disso, também avaliou o possível impacto sobre a macrofauna do solo por meio da avaliação ecotoxicológica, tendo como bioindicador de qualidade edáfica a minhoca *Eisenia andrei* através de análise comportamental, fisiológica e reprodutiva.

Diante desse contexto, buscamos responder as seguintes questões:

1. Há uma relação entre as dosagens, o diâmetro a altura do peito (DAP) e a inclinação do terreno com a eficácia do método de controle químico em jaqueiras?
2. Existe diferença nos padrões de comportamento do estado fitossanitário de jaqueiras remanescentes de estudo anterior (MOURA; BERGALLO, 2010) e indivíduos que receberam a dosagem do herbicida pela primeira vez?
3. Organismos bioindicadores do solo evidenciam alterações em seu comportamento, fisiologia ou reprodução quando são submetidos ao contato com solo de áreas que receberam o herbicida no tronco de jaqueiras?

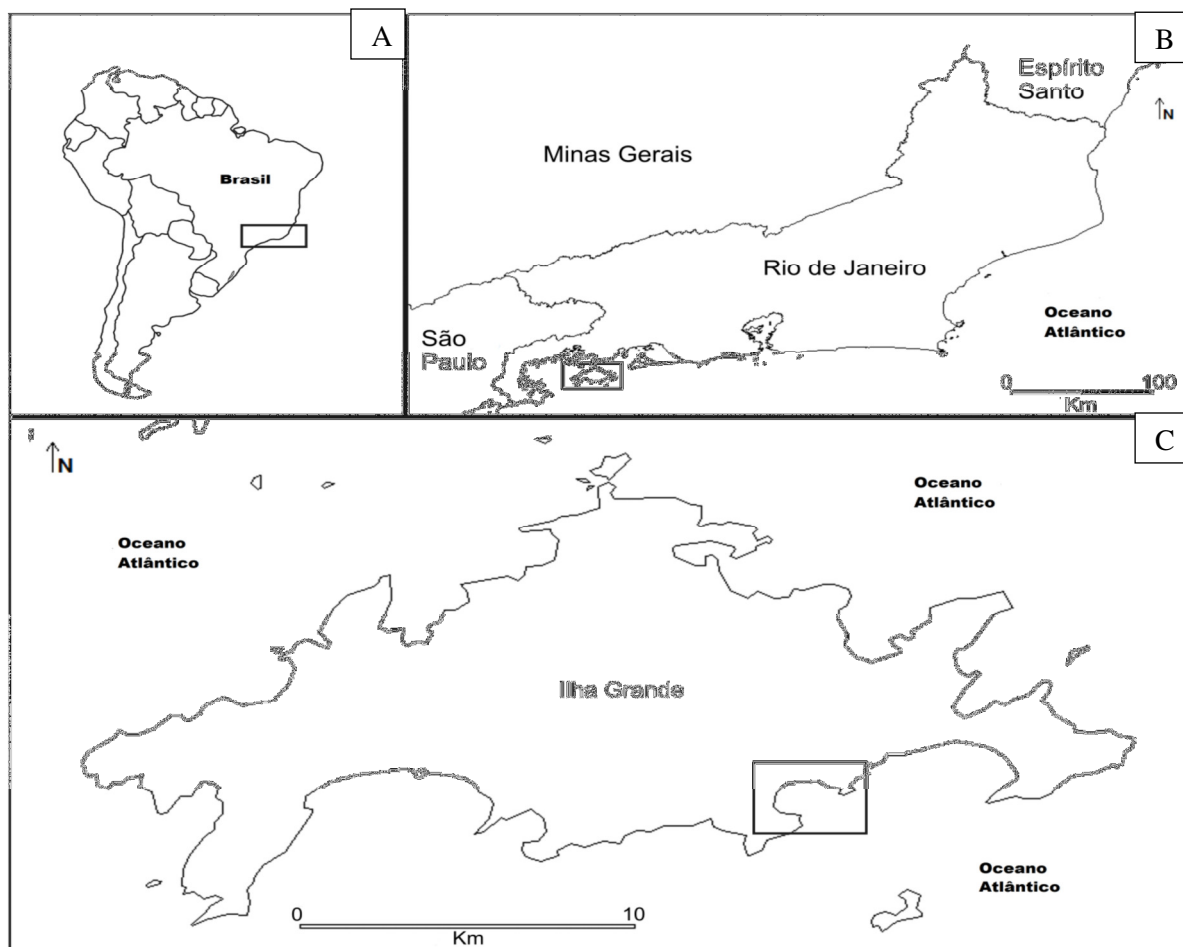
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na Ilha Grande, situada a sudoeste do estado do Rio de Janeiro, no município de Angra dos Reis (Figura 2), Região Turística da Costa Verde (SARAÇA et al., 2009). A bacia hidrográfica da baía da Ilha Grande destaca-se por sua importância como corredor biológico da Serra do Mar, Núcleo Histórico e Patrimônio Cultural da Humanidade. Considerada um santuário ecológico, a Ilha Grande foi incluída na Reserva da Biosfera da Floresta Atlântica pela UNESCO em 1992 (GUEDES-BRUNI; LIMA, 1997).

A Ilha Grande foi descoberta em 1502, mas há registros da presença humana de um sambaqui datado de 960 a.C. Desde então, após a presença dos índios e dos caiçaras, a paisagem da ilha foi sendo modificada (CAPAZ, 1988). A ilha passou por todos os ciclos econômicos observados na parte continental da Mata Atlântica, com o corte seletivo de madeira e com plantações de cana-de-açúcar, cacau e café (OLIVEIRA, 2002; 2008). Segundo Gordinho (1997) no século XIX, os viajantes eram obrigados a ficar de quarentena na Ilha Grande devido aos surtos de cólera e outras doenças. Ademais, navios negreiros aportavam em baías escondidas na ilha, quando a escravidão já havia sido abolida (MELLO, 1987). No que tange ao histórico da jaqueira na Ilha, não se sabe ao certo em que momento essa espécie foi introduzida na Ilha Grande, mas sua introdução no Brasil se deu no século XVII (MORTON, 1965).

Figura 2 -Mapa de localização da Área de Estudo.



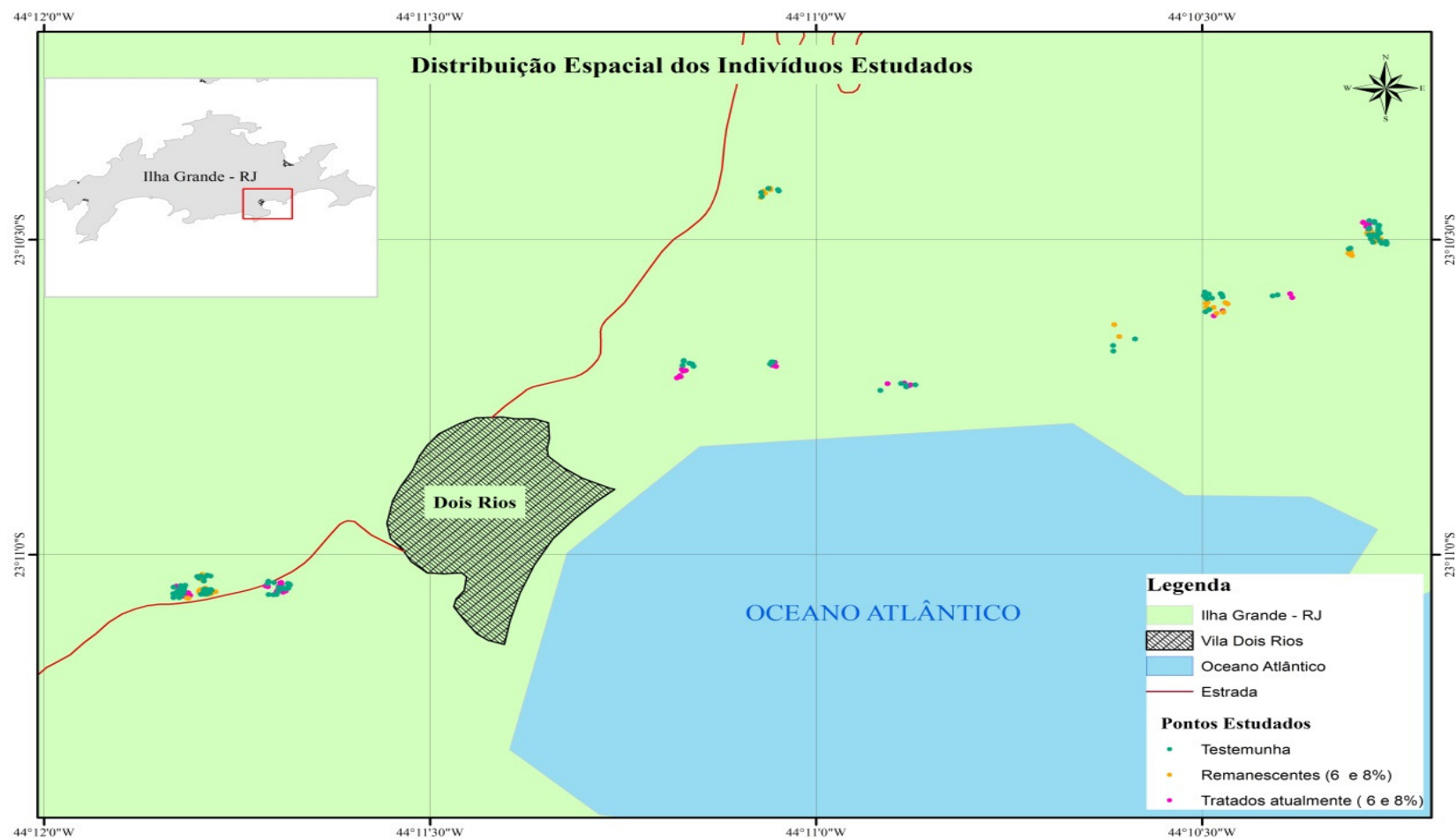
Legenda: Em destaque: (A) - Estado do Rio de Janeiro-RJ; (B) - Ilha Grande, Angra dos Reis ; (C) - A moldura quadrada engloba as proximidades das praias de Dois Rios e Caxadaço.

Fonte: Mapa: Gisele Winck

A área de abrangência da presente pesquisa corresponde a indivíduos localizados nas grades do estudo de Moura; Bergallo (2010) e ao longo da trilha de acesso da Vila de Dois Rios às praias da Parnaioca e do Caxadaço, conforme esquematizado na Figura 3.

A área de estudo pertence à Floresta Ombrófila Sub-montana, e os indivíduos localizados nas grades de estudo encontram-se em altitudes de até 175 metros. Além da alta densidade de jaqueiras é notável a presença de espécies com potencial invasor como as herbáceas *Tradescantia zebrina* e *Dieffenbachia amoena*, conhecida popularmente como zebrina e comigo ninguém-pode, respectivamente.

Figura 3 - Mapa de Distribuição Espacial das Jaqueiras na Área de estudo



Fonte: A autora, 2015.

3.2 Levantamento dos dados

Na coleta piloto, foi feito um levantamento dos indivíduos remanescentes, ou seja, que não morreram após submetidos ao controle químico no estudo de Moura; Bergallo (2010), seguido da escolha de novos indivíduos localizados no mínimo a 20 metros das grades do estudo anterior.

Durante a escolha de novos indivíduos, buscou-se selecionar no máximo quatro jaqueiras de um mesmo grupo, mantendo assim dois indivíduos para cada dosagem (6 e 8%) e dois indivíduos como testemunho, evitando possíveis respostas similares ao herbicida por indivíduos filogeneticamente próximos (pseudorepetição filogenética) (HURLBERT, 1984).

Sessenta e seis indivíduos localizados nas grades (Remanescentes) do estudo anterior e outros 62 novos indivíduos, correspondentes aos tratamentos que receberam herbicida pela primeira vez no presente estudo (Tratados Atualmente ou TA), foram submetidos ao controle químico. Ainda, 116 árvores consideradas Testemunhas, ficaram isentas de aplicação, totalizando assim 244 indivíduos analisados.

Cada jaqueira foi considerada como uma unidade amostral e todas foram marcadas com etiquetas de alumínio numeradas, georreferenciadas com GPS Garmin e tiveram mensurados em sua Circunferência na Altura do Peito (CAP a 1,30 m) com o uso de fita métrica de lona e estimadas a Altura do Fuste (Hf), que corresponde à altura até a primeira bifurcação. Também foi mensurada a Declividade (Decl.) do terreno com o uso de clinômetro da marca Suunto. Por questões práticas de estudos dendrométricos, o CAP foi transformado pra DAP (diâmetro a altura do peito) através da fórmula:

$$DAP = CAP / \pi \quad (1)$$

3.3 Desenho amostral

Nós utilizamos quatro tratamentos e um testemunho para avaliar o efeito do herbicida, correspondendo às concentrações de 6 e 8% de Triclopir nas jaqueiras que haviam sobrevivido a tentativa de controle químico anterior por Moura; Bergallo (2010) (**REMANESCENTES** 6;8%) e naquelas que receberam o tratamento pela primeira vez

(**TRATADAS ATUALMENTE 6;8%**). Indivíduos de jaqueiras testemunhas (**T₀**) ficaram isentos de qualquer tratamento químico, mas foram igualmente medidos (DAP, Hf e Decl) e monitorados.

3.4 Tratamento químico

Nós testamos as concentrações de 6 e 8% do princípio ativo Triclopir diluído em água e com o uso do corante (Hi Light – Rigrantec Tecnologia para Sementes e Plantas S.A.) para o controle visual durante a aplicação, bem como para a segurança da equipe executora do controle e do ambiente.

O furo foi feito em indivíduos com $DAP \geq 10$ cm, na altura do peito e realizado com furadeira *Bosh* movida a bateria de 14,4 volts com broca para ferro de 9 mm de diâmetro. Com o uso de luva de nitrila e óculos de proteção individual, injetamos o herbicida no tronco de indivíduos com uma seringa de 50 mL, com aplicação de 3 mL por furo (Figuras 4 A-F). O número de furos por árvore foi determinado pela relação de 1:10, ou seja, para cada 10 cm de DAP o indivíduo recebia um furo, conforme Moura; Bergallo (2010).

Para o fechamento do orifício foram utilizados galhos da espécie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer (carrapeta-verdadeira) e de um indivíduo da família Myrtaceae.

O monitoramento do estado fitossanitário nas árvores visando avaliar as condições sanitárias dos indivíduos estudados foi realizada no dia do herbicida e após 30, 60, 120, 210 e 310 dias. Para tal, nós utilizamos as seguintes categorias:

Normal: Indivíduo sadio, sem sinais de queda precoce de folhas ou frutos, folhas sem alteração da cor.

Senescente: Indivíduo apresentando a partir de 30 % de perda de folhas e frutos, ou folhas amareladas e frutos necrosados com coloração marrom escura a preto.

Morta – Árvore sem casca, folhas, frutos ou rebrotas há mais de quatro meses ou presença de fungos decompositores em seu tronco.

Durante as atividades do campo foi realizada palestra para a comunidade da Vila de Dois Rios, a fim de informar e esclarecer os objetivos e resultados da pesquisa, bem como dos estudos realizados no impacto na comunidade de pequenos mamíferos nas áreas da pesquisa.

Figura 4 - Atividades operacionais do Controle Químico de *Artocarpus heterophyllus* nos arredores da Vila Dois Rios, Ilha Grande, RJ.



Legenda: (A) - Abertura do orifício; (B) - aplicação do Triclopir (Garlon)[®] com uso de corante; (C) – aspecto do galho utilizado no fechamento do orifício; (D) - inserção do galho; (E) - Corte do galho; (F) aspecto do furo após a vedação. Fonte: Fotos: B, E e F. Marcos Migniolico, 21 set. 2013.

3.5 Ensaios ecotoxicológicos

A degradação em solos quentes e úmidos da substância teste (Triclopir) utilizada nos ensaios ecotoxicológicos, ocorre principalmente através do metabolismo microbiano, porém a fotólise e hidrólise podem ser igualmente importantes.

A avaliação ecotoxicológica terrestre é representada nesse estudo pelo Teste comportamental (fuga), de toxicidade aguda (mortalidade) e de toxicidade crônica (reprodução), utilizando a minhoca da espécie *Eisenia andrei* como bioindicadora.

3.5.1 Dosagem nas áreas de estudo

Na toxicologia, o termo *Dose* é utilizado para especificar a quantidade de uma substância química administrada, a qual pode não ser idêntica à dose absorvida pelo organismo testado (LEITE; AMORIM, 2006). Nesse estudo, a dosagem do herbicida se refere à quantidade total aplicada no tronco das jaqueiras em área pré-definida. Na avaliação do efeito da dosagem é considerado o dia após a aplicação (daa) do herbicida, a fim de investigar alterações no comportamento do bioindicador a partir de uma análise temporal. Para realização dos testes, nós utilizamos os seguintes tratamentos:

- Testemunha (Controle) – Solo de área com presença de jaqueira e que não recebeu aplicação de herbicida – 0 mL.
- Solo Artificial (SAT) – Produzido em Laboratório, sem adição de substâncias químicas.
- Remanescentes 7 e 30 dias (RE_{7 DAA}, RE_{30 DAA}) – Solos da área que recebeu reaplicação do herbicida após 3 anos, nas dosagens 6 e 8% totalizando 177 mL, coletado 7 e 30 dias após a aplicação. Área de 1600 m².
- Tratadas Atualmente (TA_{15 DAA}, TA_{25DAA}) – Solos da área que recebeu aplicação do herbicida pela primeira vez nas dosagens de 6 e 8% totalizando 25 mL, coletado 15 e 25 dias após aplicação. Área de aproximadamente 250 m².

3.5.2 Coleta do solo

A coleta do solo foi feita com pá de jardineiro na profundidade de 10 cm (Figura 5), de forma aleatória na região de abrangência das copas e nas proximidades dos troncos das jaqueiras. Foram coletados, aproximadamente 5 kg de solo natural para cada tratamento, com exceção do solo artificial (SAT) que foi produzido em laboratório.

Figura 5 - Profundidade de coleta do solo para avaliação ecotoxicológica



Fonte: A autora, 2013.

As coordenadas do ponto de coleta encontram-se no Apêndice 1. As amostras foram coletadas separadamente (amostras simples) em sacos transparentes, peneiradas em malha de 4 mm e, por fim, homogeneizadas, tornando-se amostras compostas. Essas foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes tipo *zip lock*, recobertas com sacos pretos e submetidas ao procedimento de defaunação, que consiste em dois ciclos de congelamento e descongelamento por 48 horas (PESARO et al., 2003). Logo após, foram congeladas novamente a temperatura entre -10°C e -15°C, conforme metodologia adotada por Bottino (2001) e Noldin et al. (2001), até o período dos ensaios ecotoxicológicos.

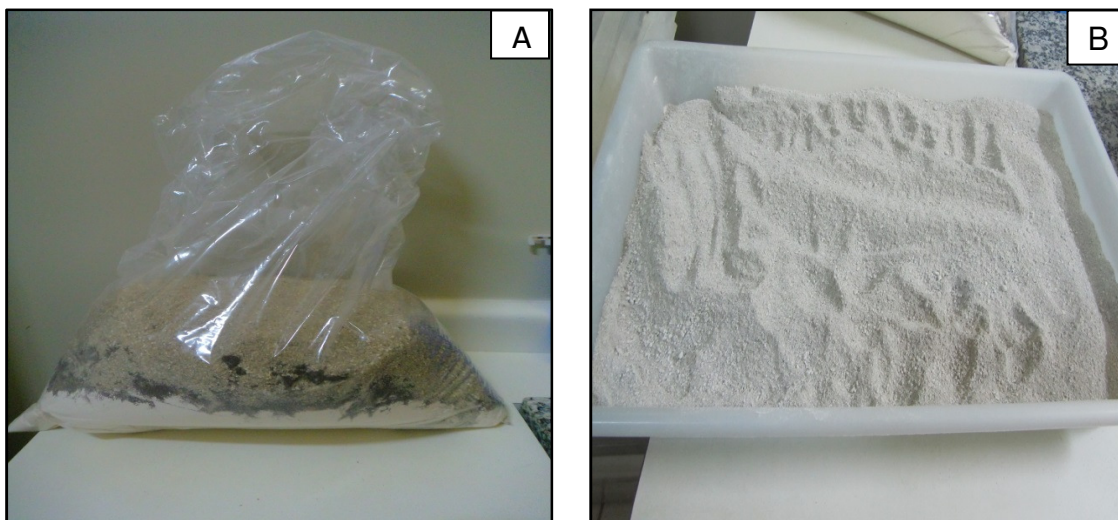
3.5.3 Ensaios laboratoriais

Antes de submeter amostras aos ensaios, o solo foi descongelado, seco ao ar livre e à sombra. Em seguida, encaminhado ao Laboratório de Fauna do Solo da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica - RJ. Para o tratamento Testemunha, foi necessário peneirar o solo em malha de 2 mm para determinação dos macronutrientes. As análises foram realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo da Embrapa Agrobiologia, com o uso da metodologia descrita por NOGUEIRA; SOUZA (2005). O conhecimento da química do solo é importante para justificar possíveis comportamentos do bioindicador em solo de tratamento testemunha.

O Solo Artificial (SAT) é considerado padrão para avaliar a resposta das minhocas independente do solo testemunho ou para comparação com resultados obtidos das amostras retiradas de área objeto de controle da jaqueira. A preparação em laboratório (Figura 6) é adaptada para estudos em áreas tropicais, conforme recomendado por Garcia (2004). O solo artificial é composto pela proporção de 72,5% de areia lavada e peneirada, 22,5% de caulim em pó e 5% de fibra da casca de coco (Figura 6 A-B). O pH do solo artificial sugerido pela OECD (1984) é próximo a 6, aceitando uma variação de $\pm 0,5$ unidade.

A capacidade de campo representa o conteúdo de água retida no solo após o excesso de água ter sido drenado e o movimento da água tornar-se desprezível (MEYE; GEE, 1999). Segundo o protocolo OECD (1984) é recomendado que corresponda a 60%, em todos os solos analisados.

Figura 6 - Aspecto do Solo Artificial (SAT) antes e após a mistura de seus componentes



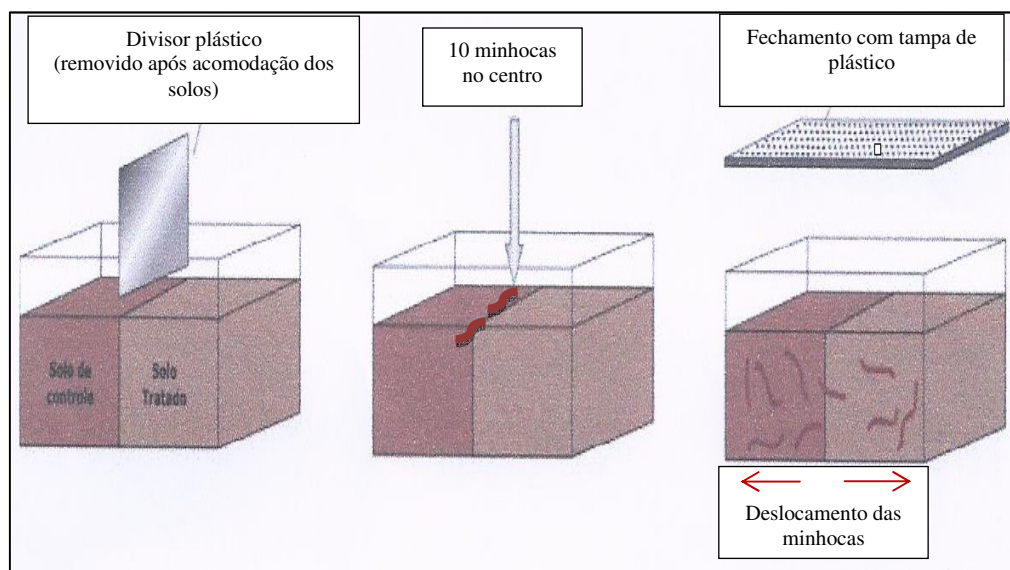
Legenda: (A) Aspecto dos componentes do solo artificial antes do preparo; (B) Solo artificial após mistura e pronto para uso nos ensaios ecotoxicológicos.

A unidade amostral correspondeu ao recipiente plástico, específico a cada ensaio. Cada tratamento foi realizado em cinco repetições e conduzido em sala com temperatura, umidade e luminosidade controladas. A temperatura variou entre 19°C e 21°C, a umidade relativa do ar em torno de 85% e fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro.

3.5.4 Ensaio comportamental (*avoidance* ou fuga)

O ensaio de comportamento foi baseado no protocolo nº 207 OECD (1984) e na Norma ISO 17512-1 (2007). Foram utilizadas unidades experimentais plásticas com dimensões de 15 cm de largura, 8 cm de altura e 21 cm de comprimento. A montagem do ensaio consistiu em dividir a unidade experimental ao meio com uma divisória, adicionando-se em seguida, na parte esquerda aproximadamente 500 gramas do solo Testemunha e no lado direito, 500 gramas do solo retirado abaixo das copas de indivíduos tratados, conforme o tempo de coleta e o tratamento ao qual pertencia. Após a retirada da divisória, foram inseridas 10 minhocas no centro de cada unidade experimental, com peso variando entre 250 a 500 mg (Figura 7).

Figura 7 - Esquema da montagem do Ensaio comportamental de *Eisenia andrei*

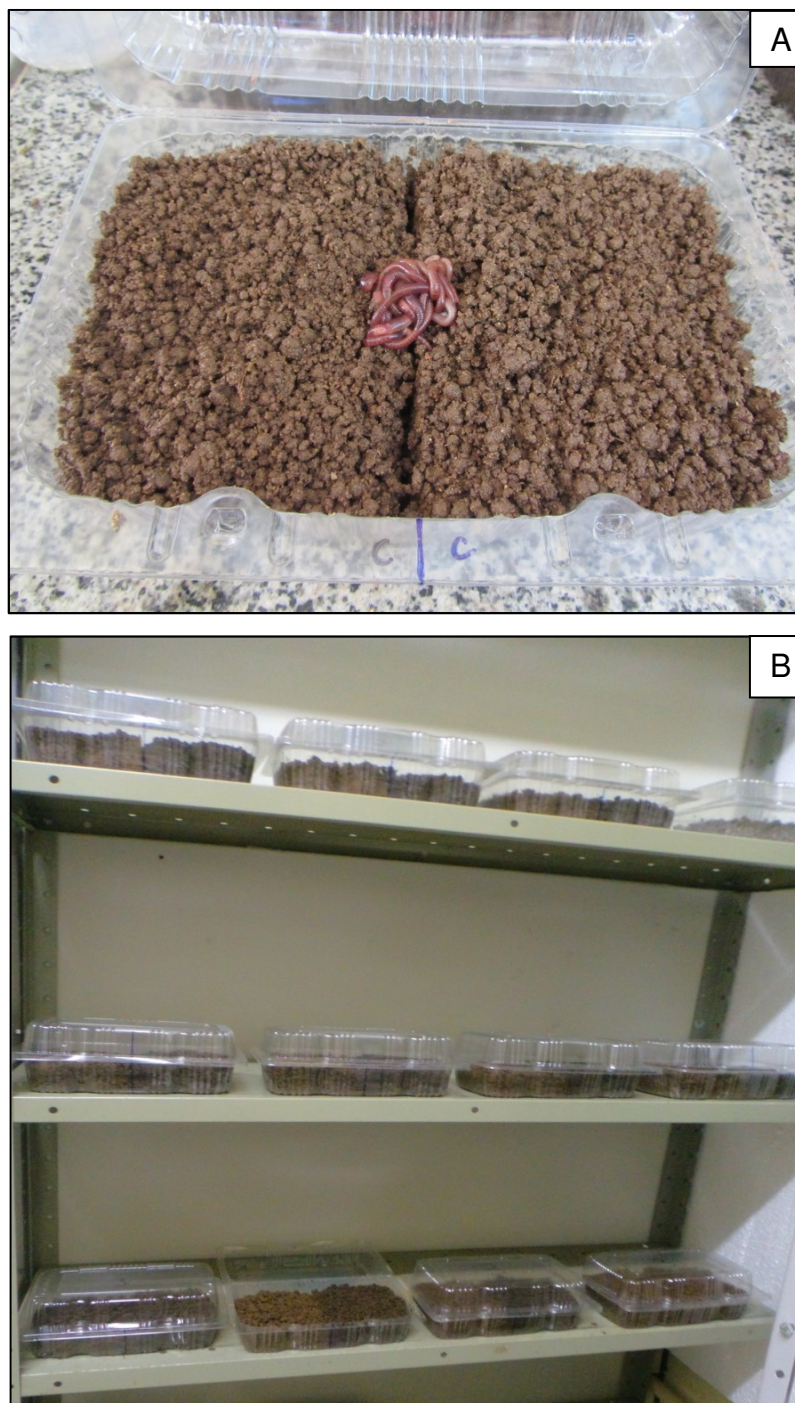


Fonte: A autora, 2014 - adaptado de GARCIA, 2004

Durante a condução do ensaio, as repetições de cada amostra dos tratamentos foram distribuídas de forma uniforme nas prateleiras (Figura 8), buscando não favorecer nenhum tratamento, em função da luz. Após 48 horas, foi introduzida novamente a divisória no centro da embalagem, realizando a contagem das minhocas em cada compartimento para verificar a preferência entre o solo controle (testemunha) e o solo-teste.

Para validação do ensaio é necessário que o bioindicador não apresente significativa preferência entre os lados dos recipientes no tratamento Testemunha. A amostra é considerada tóxica (com a função de *habitat* do solo limitada) se ao final do teste tiverem sido encontrados mais de 80% do total de organismos no lado do recipiente que contém solo Testemunha.

Figura 8 - Posicionamento do bioindicador e amostras durante ensaio comportamental

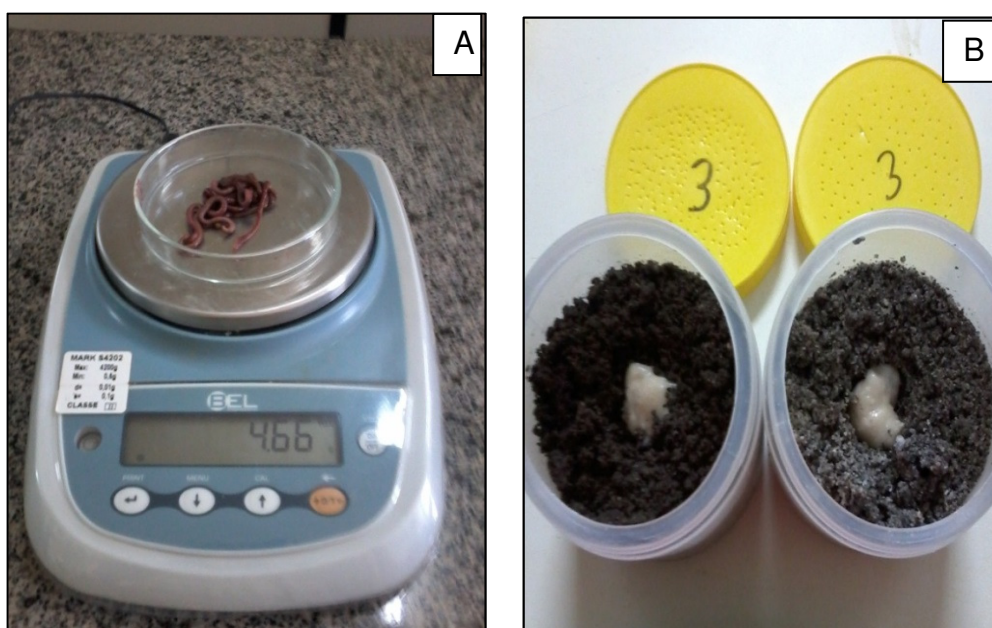


Legenda: (A) Acomodação do bioindicador na unidade amostral ;
(B) - distribuição das amostras nas prateleiras.
Fonte: A autora, 2014.

3.5.5 Ensaio toxicidade aguda (mortalidade)

O teste iniciou na sequência do ensaio comportamental, cujas amostras de solo são reaproveitadas. Outras dez minhocas adultas cliteladas³ foram escolhidas, pesadas e receberam suplementação nas unidades amostrais plásticas e redondas com tampa perfurada, para permitir a troca gasosa (Figuras 9 A-B). O peso das minhocas variou entre 300 a 470 mg e a suplementação para cada unidade foi feita antes da montagem do experimento e quinzenalmente durante a sua condução, com o uso de aproximadamente dois gramas de aveia cozida.

Figura 9 A-B - Procedimento de montagem do teste de toxicidade aguda de *Eisenia andrei*



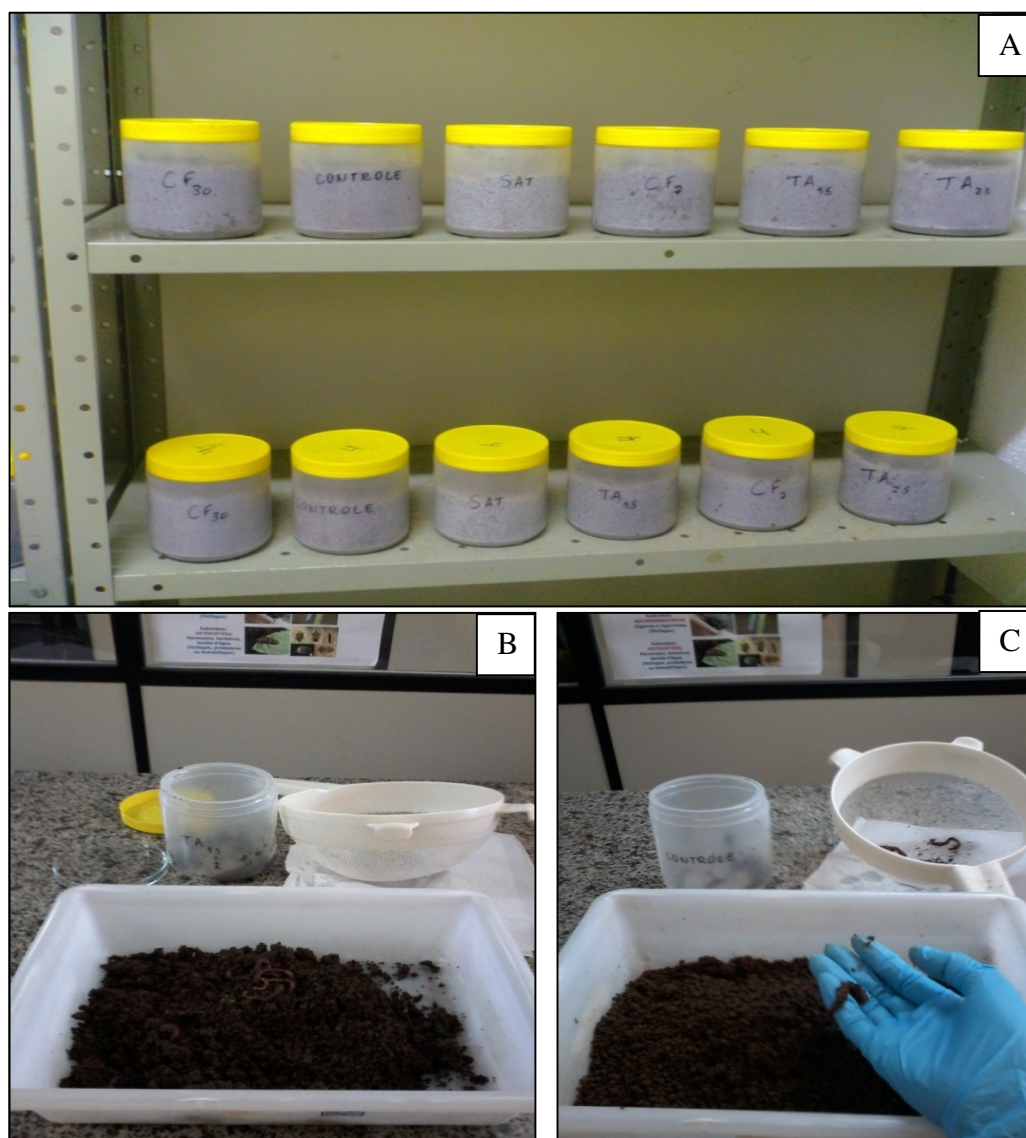
Legenda: (A) Pesagem dos organismos; (B) Unidades amostrais com suplementação e detalhe das tampas perfuradas para trocas gasosas.
Fonte: A autora, 2014.

As unidades amostrais foram distribuídas em cinco prateleiras, onde as repetições de cada tratamento foram organizadas lado a lado (Figura 10), buscando assim não favorecer tratamentos quanto ao recebimento de luz. Ao final do 28º dia, os recipientes foram analisados

³ Clitelo é a estrutura reprodutiva das minhocas que armazena os ovos e representa a sua fase adulta.

individualmente para verificação de mortalidade ou alteração física corporal. Os indivíduos adultos foram retirados deixando apenas os ovos para a realização do teste seguinte (toxicidade crônica ou reprodução).

Figura 10 - Condução e desmontagem do ensaio de toxicidade aguda



Legenda : (A) - Distribuição das unidades amostrais nas prateleiras; (B) - Desmontagem de amostra do Tratamento Tratados Atualmente após 15 dias da aplicação (TA₁₅) ; (C) Desmontagem de amostra do Tratamento Testemunha.

Fonte: A autora, 2014.

3.5.6 Ensaio de toxicidade crônica (reprodução)

O teste de reprodução que avaliou o efeito das dosagens de Triclopir na taxa de produção de juvenis *E. andrei*, testou os mesmos tratamentos, utilizando as amostras de solos com recipiente plástico (unidade amostral) do ensaio anterior (toxicidade aguda). Conforme protocolo (ISO, 1997), nós seguimos o mesmo procedimento de manter a capacidade de campo a 60% e suplementação a cada 15 dias. Ao final de 28 dias, os juvenis foram contabilizados com uso do contador para verificação da taxa de reprodução no tratamento Testemunha e nos solos-testes (Figura 11 A-B).

Figura 11 A-B - Procedimento de contagem dos juvenis no término do Ensaio de toxicidade crônica.



Legenda: (A) - Contagem do número de juvenis; (B) - Contador e amostra de solo.
Fonte: A autora, 2014.

O solo do experimento foi identificado e descartado em local devidamente adequado na Embrapa Agrobiologia.

3.5.7 Desenho experimental

Os testes ecotoxicológicos são analisados para verificar se há diferença entre os tratamentos, que representam o solo após a aplicação do herbicida no tronco de jaqueiras, com o Testemunha (solos próximos às árvores isentas de aplicação química). Dessa forma, testamos seis tratamentos, sendo eles: Testemunha, Solo Artificial (SAT), Remanescente 7 DAA, Remanescente 30 DAA, Tratados Atualmente 15 DAA e Tratados Atualmente 25 DAA, com cinco repetições cada, totalizando 30 unidades experimentais. DAA representa o número de dias após a aplicação do herbicida no tronco das jaqueiras em que o solo foi coletado.

No teste comportamental (fuga), para calcular o efeito da concentração de uma substância, onde a média de minhocas no solo-teste é comparada com a média de minhocas no solo Testemunha. O cálculo da resposta foi feito utilizando a fórmula (ISO, 2007):

$$X = [(C-T)/10]*100\% \quad (3)$$

Onde: C é a soma das minhocas observadas no Solo Testemunha, T é a soma das minhocas observadas no solo dos tratamentos-testes, 10 é o número de minhocas por repetição e X é a Percentagem de Fuga por tratamento.

Uma resposta positiva significa que a minhoca evitou o solo testado em comparação com o solo testemunha e uma negativa indica que houve “atração” das minhocas pelo solo testado (ISO, 2007).

Para os testes de toxicidade aguda (mortalidade), o número de minhocas nos solos Testemunha e nos solos-testes foi comparado após 28 dias. No ensaio do teste de toxicidade crônica (reprodução), a taxa de reprodução (número de juvenis) e a variação de peso (em %) para os solos testados e o Testemunha foram comparados após 28 dias.

As médias comparadas entre si pelo teste t $p \leq 0,05$ com auxílio do *software* Systat 13.0, tendo como hipótese que não existe diferença significativa entre os tratamentos dos solos coletados após a aplicação do herbicida e o solo Testemunha.

4 RESULTADOS

4.1 Análise da Eficiência do Controle Químico de *Artocarpus heterophyllus*

As jaqueiras apresentaram DAP médio de 27,8 cm $\pm$ 10,5 e altura média do fuste 7,5 cm $\pm$ 3,4. A declividade média do terreno onde os indivíduos se encontravam foi de 5° com amplitude entre 0° e 35°.

A eficácia do método de injeção do Triclopir nas concentrações utilizadas variou entre 93,5 e 100% nos tratamentos testados, conforme observado na Tabela 1.

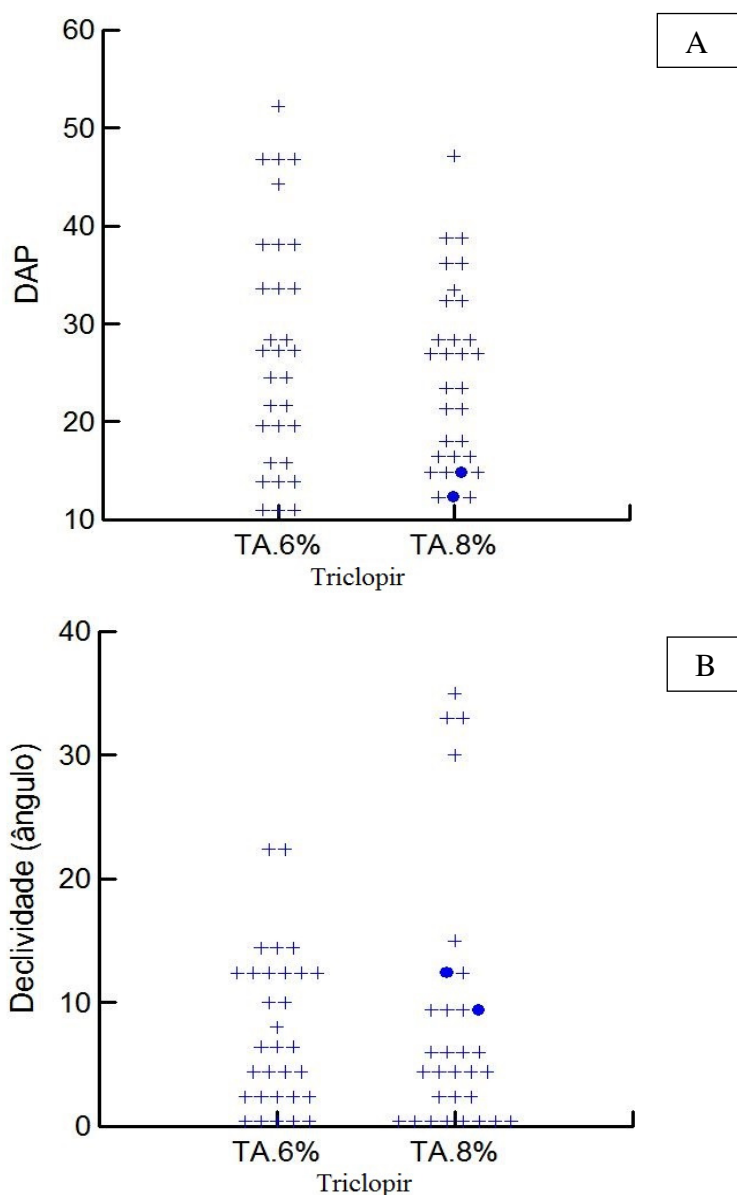
Tabela 1 - Relação do número total de árvores tratadas e vivas após 310 dias do controle químico e eficácia do princípio ativo Triclopir utilizado.

Tratamento	Nº árvores tratadas	Nº de árvores vivas após 310 dias	Eficácia do Triclopir
TA 6%	31	0	100%
TA 8%	31	2	93,5%
RE 6%	31	2	93,5%
RE 8%	35	1	97,1
T0	-	116	-

Legenda: TA = Tratados atualmente (pela primeira vez), RE = Remanescentes de estudo anterior (receberam reaplicação do herbicida) e T0 = Testemunho (não tratadas).

Nenhuma das variáveis analisadas (DAP, altura do fuste e declividade do terreno) correlacionou positiva ou negativamente com a mortalidade das jaqueiras após a injeção do herbicida nas diferentes concentrações. Nas árvores que receberam o herbicida pela primeira vez (TA), os únicos dois indivíduos sobreviventes pertencem ao tratamento que recebeu a maior concentração de Triclopir (8%) (Figura 12).

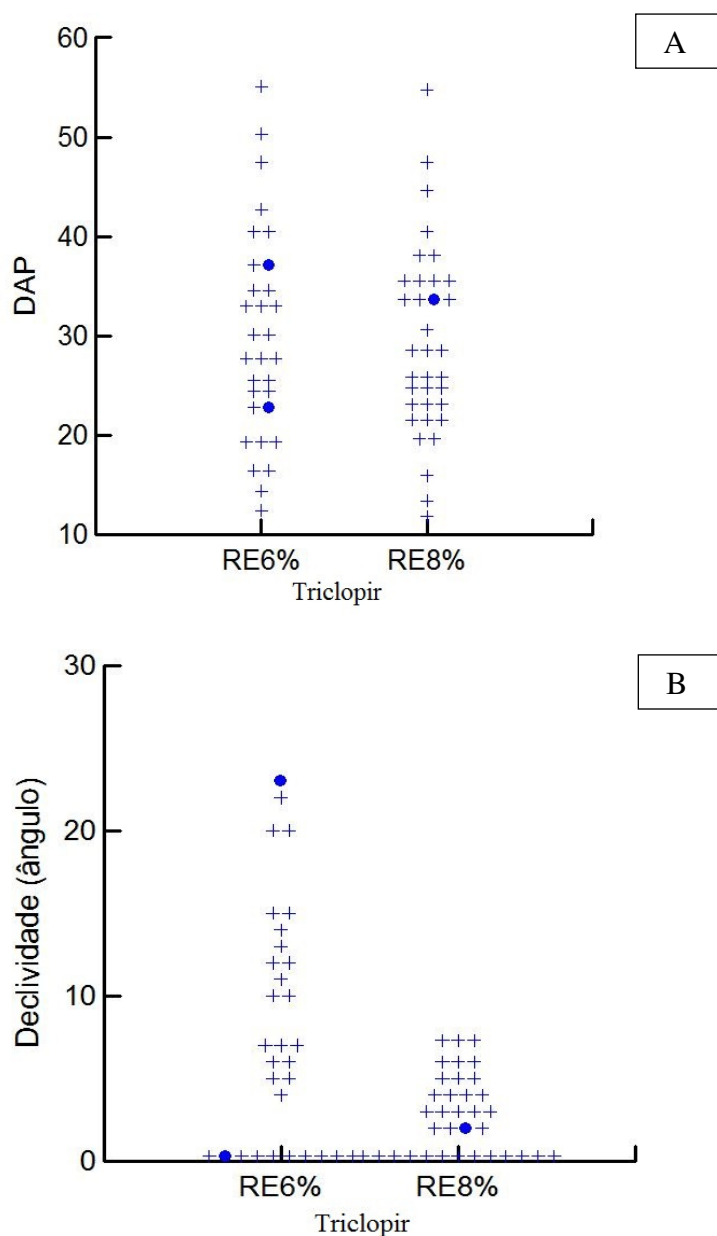
Figura 12 A-B. Avaliação da eficiência do controle químico de *Artocarpus heterophyllus*. Relação entre as dosagens, o DAP (A) e a declividade do terreno (B) com as dosagens dos herbicidas testadas em jaqueiras que receberam o controle químico pela primeira vez (Tratadas Atualmente – TA).



Legenda: Os indivíduos que morreram com o tratamento estão representados por um sinal de adição (+) e os que sobreviveram por um ponto (•).

De forma semelhante, não houve diferença significativa de mortalidade nas duas concentrações avaliadas (6 e 8%) nas jaqueiras que receberam reaplicação do produto após três anos (Remanescentes). Para os três indivíduos sobreviventes, dois pertencem à menor concentração (6%) e um recebeu a concentração de 8% do Triclopir (Figura 13).

Figura 13 A-B. Avaliação da eficiência do controle químico de *Artocarpus heteropyllus*. Relação entre as dosagens, o DAP (A) e a declividade (B) do terreno das jaqueiras que receberam a reaplicação do herbicida (RE).



Legenda: Os indivíduos que morreram com o tratamento estão representados por um sinal de adição (+) e os que sobreviveram por um ponto (•)

4.2 Avaliação da fitossanidade das árvores submetidas ao controle químico

Aos 30 dias após a aplicação do herbicida no tronco das jaqueiras, tanto as árvores que receberam o tratamento pela primeira vez (TA), quanto as remanescentes que receberam a reaplicação do herbicida (RE), foi observado a passagem de indivíduos da categoria normal para senescente, nas duas concentrações de Triclopir testadas (6 e 8%) em todos os tratamentos (exceto testemunho).

Nós observamos que 80% das árvores pertencentes ao tratamento RE, por permanecerem na categoria senescente, permitiram a entrada de luz na área (Figura 14). Aos 120 dias nos tratamentos Remanescentes e Tratadas Atualmente, continuaram apresentando sinais de decomposição e sem rebrota (Figura 15).

Figura 14 - Aspecto da copa de jaqueiras após 60 dias do controle químico



Fonte: A autora, 2014.

Figura 15 - Aspecto do tronco de jaqueira após 120 dias do controle Químico (Tratada Atualmente – TA).

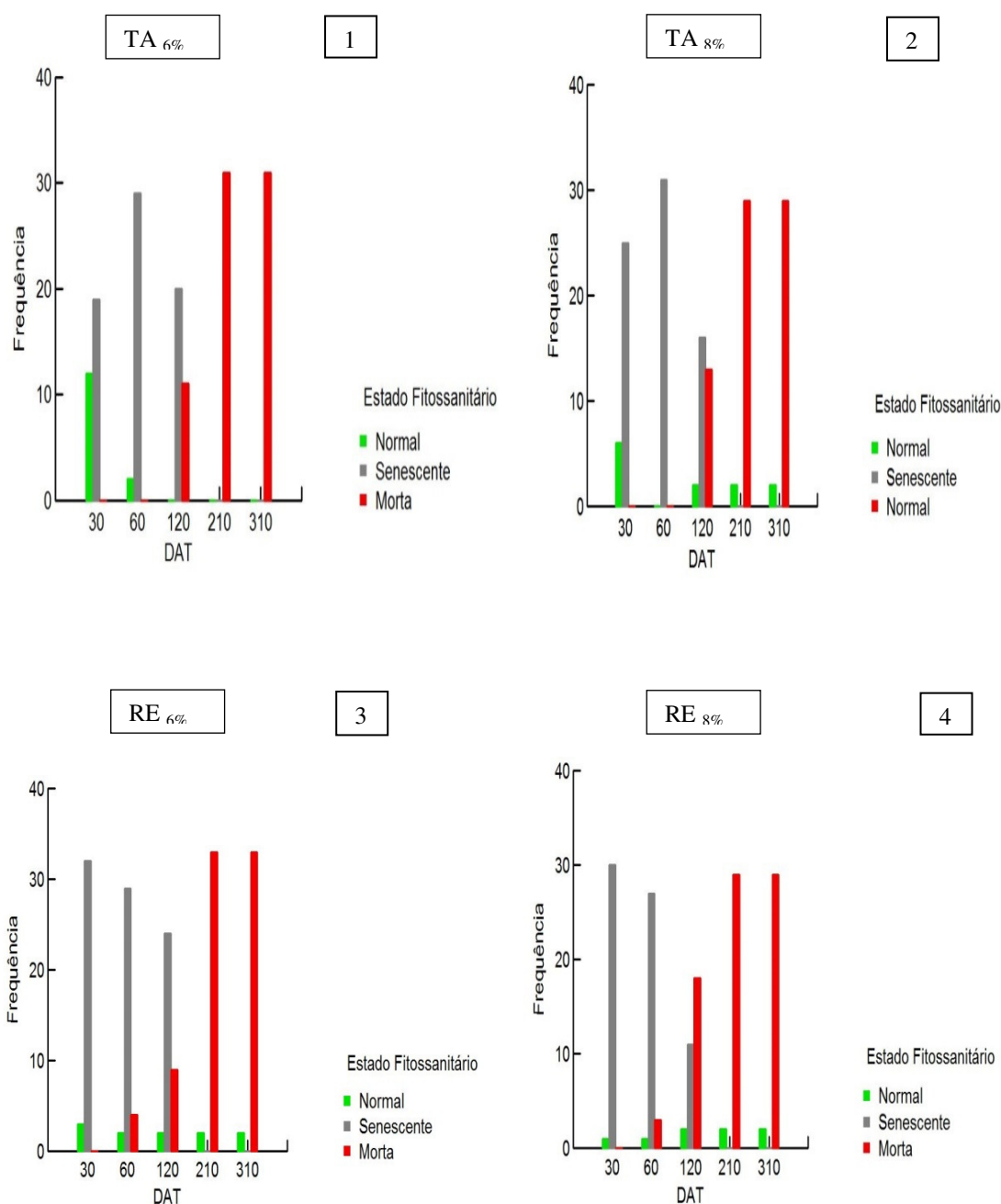


Legenda: Destaque pela seta acima: presença de fungos decompositores e abaixo: tampão utilizado para vedação do furo.

Fonte: A autora, 2014.

Apesar de a mortalidade já ser registrada aos 60 dias após a aplicação na concentração de 8%, após 310 dias não houve diferença significativa de mortalidade entre os tratamentos, indicando que a concentração mais baixa (6%) apenas leva um tempo maior para fazer efeito, mas ao final da análise não prejudica a eficácia do controle da jaqueira (Figura 16).

Figura 16. 1-4 - Monitoramento do estado fitossanitário de jaqueiras após o controle químico com Triclopir nos tratamentos



Legenda: Tratamentos TA – Tratados Atualmente e RE – Remanescentes.

4.3 Ensaios ecotoxicológicos

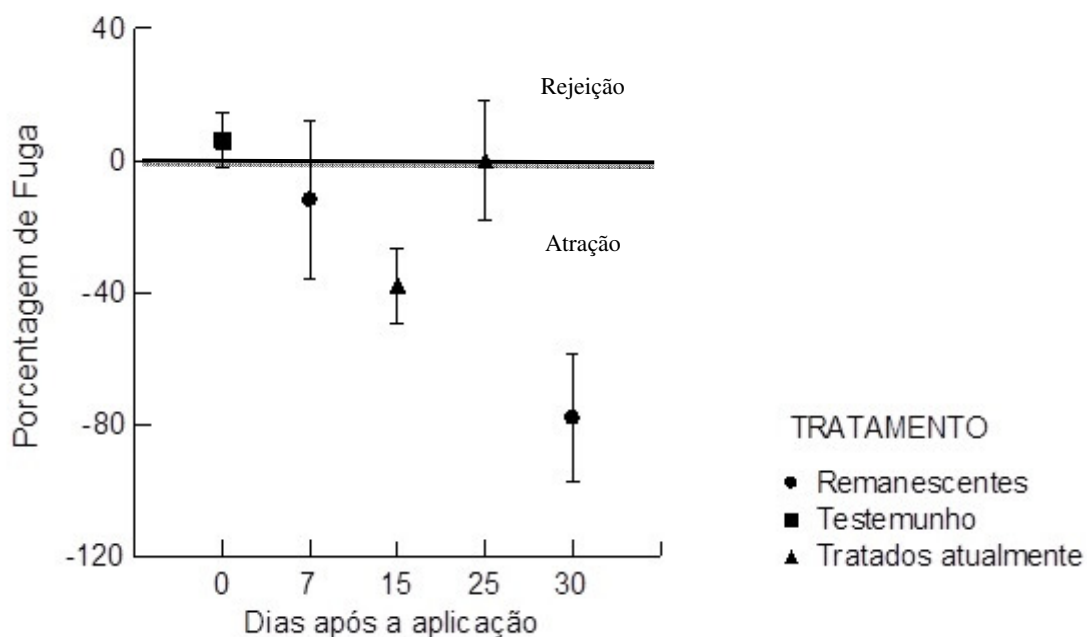
4.3.1 Ensaio de comportamento (avoidance)

O ensaio de comportamento foi validado pela avaliação das médias do solo testemunha, entre os lados direito (26 observações) e esquerdo (23 observações) não diferindo estatisticamente entre si (ANOVA: $F = 1,286$, $p = 0,290$). No teste de toxicidade aguda, não houve mortalidade no tratamento testemunha e no ensaio de reprodução, o número de juvenis de cada réplica manteve-se acima de 30 indivíduos, sendo o valor máximo do coeficiente de variação igual a 25,31% no tratamento TA25 e as taxas iniciais de mortalidade nas quatro primeiras semanas foram de 0% em todos os tratamentos, obedecendo assim aos protocolos OECD 207/1984 e 222/2004.

A percentagem de fuga dos tratamentos RE₇, TA₁₅ e RE₃₀ foram negativas indicando que não houve rejeição dos solos-testes, o que, segundo o protocolo adotado, se caracteriza como um comportamento de atração (Figura 17).

O solo coletado após 15 dias da aplicação (tratamento Tratadas Atualmente) e 30 dias do tratamento Remanescentes, apresentaram diferenças estatísticas na avaliação da percentagem de fuga, indicando uma maior atração das minhocas aos solos provenientes dessas áreas.

Figura 17 - Comportamento de *Eisenia andrei* na comparação de solos provenientes de áreas com jaqueiras tratadas quimicamente (TA e RE) e solos testemunho (T).



Ainda que o tratamentos TA₂₅, tenham apresentado um percentual de fuga positivo, que indica rejeição ao solo, sua média não diferiu estatisticamente entre a preferência das minhocas pelo solo proveniente da área onde o herbicida foi aplicado no tronco das árvores e o solo da área isenta de aplicação (Testemunha), excluindo assim o comportamento de rejeição da minhoca pelo solo testado (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores do Teste de Fisher dos tratamentos na Avaliação de *Eisenia andrei* no Ensaio comportamental (fuga)

Tratamentos	F	p
Solo Artificial – Solo Artificial	0,033	0,860
Testemunho – Testemunho	1,286	0,290
Testemunho – TA15	27,769	0,001*
Testemunho – TA 25	1,091	0,327
Testemunho – RE 7	0,621	0,453
Testemunho – RE 30	40,026	< 0,001 *

Nota: Os tratamentos marcados com asterisco (*) diferiram estatisticamente quanto a preferência das minhocas ao solo-teste ($p < 0,05$).

Os resultados do ensaio de comportamento nos solos provenientes da área ocupada por jaqueiras que receberam o herbicida pela primeira vez (TA 15 e 25) e da área do solo coletado aos sete dias abaixo das árvores que receberam a reaplicação do produto (RE 7), não demonstraram evidência de *E.andrei* fuga das minhocas, indicando que a função do *habitat* não é considerada limitada ao comportamento do bioindicador. Todavia, a percentagem de fuga ($-78\% \pm 19$) no tratamento que recebeu reaplicação do herbicida, cujo solo foi coletado após 30 dias após a aplicação nas árvores (RE₃₀), indicou uma atração das minhocas ao solo-teste, ultrapassando o mínimo permitido pelo protocolo (-80%). Segundo o protocolo ISO (2007), esse comportamento deve ser analisado como um efeito do contaminante.

4.3.2 Teste de toxicidade aguda (mortalidade)

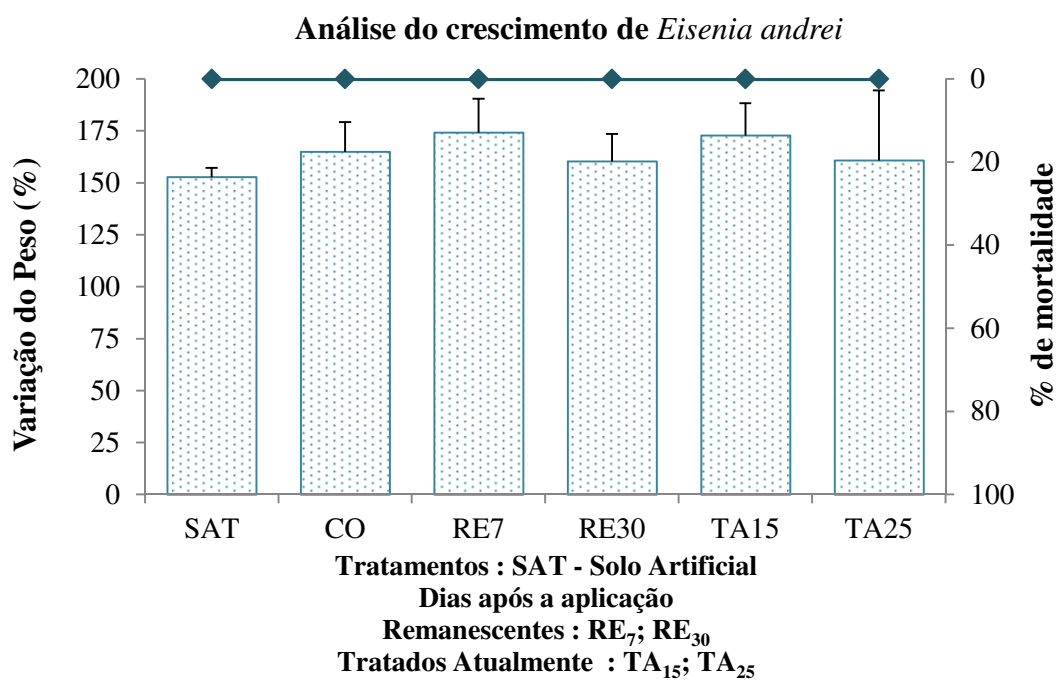
Não houve mortalidade das minhocas em nenhum dos tratamentos analisados e, portanto, não foi possível detectar as doses letais (DL). Durante a análise, os organismos também não apresentaram alterações físicas ou patológicas (Figura 18). Na análise da variação do peso corporal das minhocas, não houve perda de peso em nenhum tratamento e

não foi observada diferença estatística na comparação do solo testemunho e os tratamentos avaliados (Figura 19).

Figura 18 - Aspecto normal do bioindicador *Eisenia andrei* após ensaio comportamental



Figura 19 -Análise do crescimento e Porcentagem de Mortalidade de *Eisenia andrei* em ensaio de toxicidade aguda



Legenda: Barras indicam a variação (%) da massa das minhocas e as barras acima o seu desvio padrão. A linha acima do gráfico indica a porcentagem de mortalidade de *Eisenia andrei* nos tratamentos.

4.3.3 Teste de toxicidade crônica (reprodução)

Houve diferença na toxicidade crônica entre o controle e os tratamentos RE₇ e TA₂₅, com estes apresentando maior produção de juvenis que o tratamento testemunha (Tabela 3 e Figura 20).

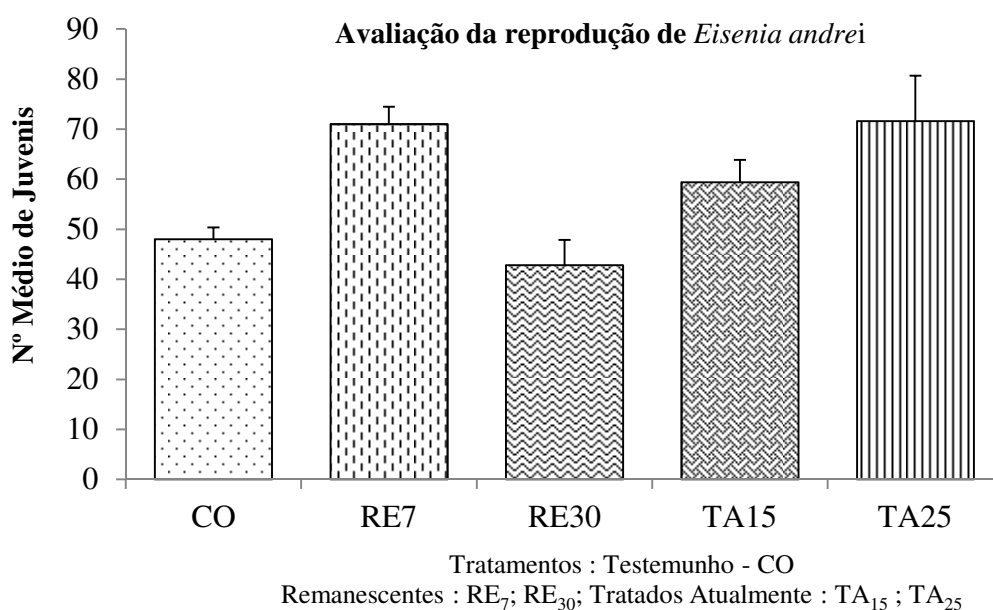
Dessa forma, não foi possível determinar maior ou menor dose de efeito não observado (NOEC/ LOEC), nem a concentração letal efetiva para impedir a reprodução de 50% dos indivíduos (EC50).

Tabela 3 - Valores de *P* (teste t) nos tratamentos na Avaliação da Toxicidade crônica de *Eisenia andrei*

Tratamentos	<i>P</i>
Solo Artificial (SAT)	0,475
RE ₇	0,014*
TA ₁₅	0,475
TA ₂₅	0,011*
RE ₃₀	0,959

Nota: Os tratamentos marcados com asterisco (*) diferiram estatisticamente quanto a taxa de reprodução das minhocas no solo-teste com comparação com o testemunho.

Figura 20 - Número médio de juvenis nos tratamentos em ensaio de Toxicidade Crônica



4.4 Análise química do solo

O pH da amostra coletada na profundidade de 10 cm da área testemunha indicou que o mesmo possui acidez média ($\text{pH} = 5,5$) indicado na (Tabela 4). Os resultados da composição química do solo na área, não demonstraram qualquer alteração nos elementos do solo.

Tabela 4 - Resultados da análise química em amostra de solo de tratamento Testemunha

C %	Al	Ca	H+Al	N	Mg	K	P	pH
	----- $\text{cmol}_{\text{c/dm}}^3$ -----				----- mg/L -----			
1,63	0,03	7,60	5,20	0,20	1,00	39,00	6,13	5,50

5 DISCUSSÃO

A eficiência do Triclopir nas concentrações 6 e 8% aliado ao uso do método da injeção no tronco de jaqueiras foi de 93,5 e 100%. Esse resultado foi significativamente superior ao encontrado por Moura; Bergallo (2010), que testou o mesmo método com concentração de 2% e obteve a mortalidade de apenas 20%. Esse autor também avaliou o controle físico por anelamento (mortalidade de 12%) e não encontrou relação significativa da mortalidade com a variável DAP e altura do fuste. Porém, o elevado esforço físico para o corte do anel com profundidade adequada em árvores de grandes diâmetros o torna inadequado para o controle de jaqueiras em grandes áreas e especialmente com inclinação acentuada.

Os resultados alcançados por Moura; Bergallo (2010) demonstraram a eficiência do tratamento químico em relação ao tratamento físico aos 150 dias nas jaqueiras. Nós verificamos uma significativa mudança do estado senescente para morta aos 120 dias nos tratamentos Remanescentes e Tratadas Atualmente. Tais resultados indicam que o tempo de monitoramento do estado fitossanitário foi suficiente, corroborando com Moura; Bergallo (2010) e Campos et al (2002), que afirmaram ser primordial esperar até quatro meses para comprovação da eficiência do controle.

Uma das formas de aplicação do controle químico em árvores invasoras é o corte da árvore com aplicação do herbicida com pincel na base do toco. No controle de EEIs no Parque Funchal em Portugal, o resultado foi de uma eficácia de 100%, no uso do método com o Triclopir nas concentrações 480, 240 e 120 g/ L⁻¹ na espécie arbórea *Acacia dealbata*, e 95,83% e 88,4% na concentração de 480 g/L⁻¹ para árvores de *Acacia melanoxylon* e *Eucalyptus globulus*, respectivamente. Porém, o sucesso de controle para essa última espécie foi restringido para áreas seccionais de até 50 cm² (SANTOS; MONTEIRO 2007). Convém ressaltar, que a eficiência do controle foi obtida com o uso do produto puro, ou seja sem diluição (A.R Santos, comunicação pessoal), o que deve ser ponderado na avaliação dos custos financeiros e impactos para maiores áreas.

A Instrução Normativa do IBAMA nº 07 (2012) estabelece aos interessados, o registro do princípio ativo Triclopir, sugerindo o seu uso para o controle de *Artocarpus heterophyllus*. Sua recomendação é corte seguido do uso da concentração de 5% no seu toco ou anelamento do tronco e aplicação na base do anel de 5 a 10 mL para indivíduos jovens e de 10 mL a 30 mL para indivíduos adultos, dependendo do porte desses. A alta eficácia do método e concentração utilizados nesse estudo sugere a importância de avaliar uma nova metodologia a ser utilizada no controle da espécie.

A gestão do controle das demais espécies exóticas invasoras na área de estudo deve contemplar o monitoramento das áreas para espécies que possam vir a surgir na abertura de clareiras após a mortalidade de jaqueiras. Nós observamos a invasão de *Aphelandra prismatica*, uma espécie utilizada no paisagismo, em área de moradia abandonada há aproximadamente 40 anos (Figura 21). O material biológico de espécies invasoras pode repousar por anos até que ocorra a contaminação de ambientes naturais em condições promissoras (VILÀ; GIMENO, 2007), indicando a necessidade de monitoramento para a prevenção de novas invasões.

Figura 14 - Área de regeneração após operação de controle químico em jaqueiras



Legenda: Presença da espécie ornamental *Aphelandra prismatica* em área de ocupação humana abandonada nas proximidades da trilha Dois Rios – Caxadaço, Ilha Grande – RJ.
Fonte: A autora, 2014.

As espécies herbáceas comigo-ninguém-pode (*Dieffenbachia amoena*) e zebrina (*Tradescantia zebrina*) ocuparam vastamente uma das grades do estudo após o sucesso no controle de alguns indivíduos de jaqueira. Tais espécies chegaram a atingir 50 cm de altura e utilizar pequenas rochas como suporte (Figura 22), expandindo seu crescimento em área de clareira aberta após a queda das folhas de jaqueiras (Figura 23). Este mesmo fato foi observado por Moura; Bergallo (2010) na mesma área de estudo, na qual prevaleceu a

dominâncias dessas espécies após o controle químico. Este resultado remete a importância de avaliar o perigo da rápida ocupação por espécies com potencial invasor após a mortalidade da espécie-alvo do controle, e realizar a gestão do controle da invasora como um projeto não apenas pontual, porém integrado, ou seja, no estabelecimento de diferentes técnicas que atendam a especificidade das áreas.

Figura 15 - Área ocupada pela herbácea *Tradescantia zebrina* (folha roxa) após 60 dias da operação de controle químico de Jaqueira na trilha da Parnaioca, Ilha Grande – RJ.



Fonte: A autora, 2013.

Das exóticas citadas, a *T. zebrina* está entre os registros de impactos na regeneração de plantas arbóreas em fragmento de floresta estacional semidecidual secundária em Londrina (MANTOANI et.al, 2013). É também invasora no Cerrado, na Serra do Mar e Floresta mista de Araucária (ZENNI; ZILLER, 2011) e causa interferências sobre as espécies nativas *Anadenanthera macrocarpa* e *Piptadenia Gonoacantha* no Horto Florestal Anhumas, em Minas Gerais (PINTO et.al, 2007). Possui ainda, registro de invasão em ilhas do Havaí (Estados Unidos) e Arquipélago de Galápagos, no Equador (I3N Brasil).

Figura 16 - Área ocupada por comigo-ninguém-pode (*Dieffenbachia amoena*) após 60 dias do uso de controle químico em jaqueira, trilha da Parnaioca, Ilha Grande – RJ.



Fonte: A autora, 2013.

Destaca-se ainda que, na área de pesquisa, não há estudos de fitossociologia de espécies nativas e que após 12 meses da aplicação do controle da jaqueira, observamos algumas espécies nativas como *Miconia calvenscens*, *Miconia prasina*, *Piptadenia gonoacantha* (pau jacaré), *Cecropia* sp., espécies do gênero *Piper* e representantes das famílias Melastomataceae e Rubiaceae, que caracterizam o processo de regeneração natural. Observamos também, que após 12 meses, arbustos sombrearam a *T. zebrina* e contiveram sua expansão (Figura 24 A-B).

Figura 17 - Monitoramento da área invadida por jaqueira após o controle químico



Legenda: (A) Área com expansão da distribuição de *Tradescantia zebrina* ;(B) Área com sombreamento dos arbustos nativos, após 12 meses do controle de indivíduos de jaqueira, trilha da Parnaíoca, Ilha Grande - RJ.

Fonte: A autora, 2014.

Os ensaios ecotoxicológicos que avaliam o impacto de herbicidas em minhocas *E. andrei* ou *E. fetida* são realizados a partir de solos coletados de áreas contaminadas por ações antrópicas, como estação de tratamento em fábrica de papel (BENITEZ et.al, 1999 *apud* ANDREA, 2010) ou dosagens do contaminante são aplicadas diretamente nas amostras em laboratório (SILVA, VAN GESTEL, 2009; CANTELLI et.al, 2010). Os resultados da presente pesquisa revelaram que o bioindicador (*E. andrei*) não apresentou diferença no comportamento de rejeição ao solo independente do número de dias após a aplicação do herbicida quando comparados aos solos testemunha (retirado de área isenta de aplicação). Ainda que o tratamento RE₃₀ (reaplicação do herbicida) tenha apresentado significativa taxa de atração da *E. andrei* e desvio padrão 17% acima do recomendado pelo protocolo ISO (2007), este não apresentou diferenças nos parâmetros avaliados posteriormente, como alteração corporal, mortalidade ou taxa de reprodução, sugerindo que esse intervalo de tempo não seja realmente distinto dos demais. No entanto, sugerimos novos estudos para comprovar a alteração nesses e em outros organismos bioindicadores.

Segundo ANDREA (2010), a avaliação dos resultados de estudos ecotoxicológicos com minhocas deve considerar a análise de mais de um parâmetro, a fim de que a resposta não deixe dúvidas de que o efeito foi produzido pelo poluente, considerando ainda que tais efeitos possam ocorrer como consequência de respostas às variáveis puramente ambientais ou sazonais. Moran (1999) avaliando o comportamento de uma minhoca nativa (*Lumbriscus terrestris*), de florestas ciliares do estado de Oregon nos EUA, a partir do contato com concentrações de 61.6% de Triclopir também não verificou alteração no comportamento do bioindicador na menor dosagem (9,20 L ha⁻¹). A taxa de mortalidade também foi de 0% após 14 dias de exposição ao contaminante, porém com taxas limitadas (10-25%) em maiores dosagens.

Considerando as diferenças do método de análise e de aplicação do herbicida, a avaliação do impacto em minhocas a partir do contato com solos proveniente de áreas agrícolas relataram diferentes sensibilidades no ensaio comportamental de *E. andrei* e *E. fetida* (LOUREIRO et al, 2005; GARCIA et al, 2008), demonstrando que os organismos evitaram os solos contaminados por diferentes dosagens e modos de ação diferenciados dos herbicidas.

Tendo em vista que em resultados de avaliação de testes ecotoxicológicos, os solos são submetidos a dosagens de contaminantes, espera-se que as taxas de reprodução sejam menores em solos-teste que no solo testemunha. No entanto, nossos resultados mostraram que a reprodução foi significativamente maior nos tratamentos RE₇ e TA₂₅ que no solo

testemunha. Apesar disso, não é possível afirmar se o herbicida estimulou a maior produção de juvenis, já que não foi percebida nenhuma indicação de traços do herbicida nas análises de mortalidade ou de alterações comportamentais e corporais. Resultados semelhantes foram encontrados por Brunninger; Viswanathan (1994), avaliando o herbicida terbutilazina com uso de solo artificial, no qual observaram uma maior taxa de reprodução das minhocas *E. andrei*.

Os resultados aqui encontrados não excluem a possibilidade de uso de outros bioindicadores da macrofauna do solo, como colêmbolos e enquitreídeos, para avaliar os efeitos do Triclopir no método de injeção de herbicida em tronco de jaqueiras. Também convém analisar o material foliar da serrapilheira e do fruto da espécie no estado de necrose, após a aplicação do produto no tronco dos indivíduos. Pelo fato do presente estudo caracterizar-se como o pioneiro na avaliação toxicológica em ambientes naturais em controle de Jaqueira em Unidades de Conservação no Brasil, novos enfoques precisam ser considerados.

CONCLUSÃO

A proposta da técnica de controle químico da espécie exótica invasora *A. heterophyllus* com o uso do método de furo no tronco e injeção de baixa dosagem do herbicida Triclopir, demonstrou alta eficiência. Nesse sentido, o uso de Garlon 480® pode ser indicado na menor concentração testada (6% diluído em água), para árvores com DAP igual ou acima de 10 cm.

O uso do método químico se mostrou igualmente eficaz para o controle de áreas ocupadas pela espécie em estudo, tanto em terrenos planos como para aqueles com declives acentuados. Sendo assim, a técnica pode ser utilizada no caso de inviabilidade da aplicação de outros métodos sugeridos pela Instrução Normativa do IBAMA nº 07/2012.

O monitoramento do estado fitossanitário permitiu comprovar que 210 dias após a aplicação do controle químico é suficiente para a certificação da segurança da eficácia do método adotado.

Os ensaios ecotoxicológicos revelaram o comportamento de atração das minhocas em solo retirado após 30 dias de área em que houve reaplicação do herbicida no tronco de jaqueiras após 3 anos. Os resultados revelaram ainda, que houve uma diferença significativa no ensaio de reprodução para as amostras de solos retirados após 7 e 25 dias da aplicação do herbicida no tronco das jaqueiras, os quais apresentaram uma maior produção de juvenis do bioindicador *Eisenia andrei*. Porém, não é possível afirmar que tais efeitos sejam causados pela presença do herbicida no solo, sendo necessários mais estudos para tal comprovação.

Ressaltamos que não houve qualquer alteração negativa no comportamento, crescimento, mortalidade e reprodução do bioindicador de *E. andrei*, nos tratamentos que representaram as dosagens de herbicida aplicadas no tronco das árvores na área de estudo.

Com vistas à garantia do conhecimento da dinâmica da floresta após a intervenção com controle da espécie invasora, estudos devem abordar avaliação no banco de plântulas, serrapilheira, decomposição das folhas e frutos dos indivíduos tratados quimicamente. Situação essa, de cenário oportuno para o estudo da fauna e flora no monitoramento da área antes ocupada pela invasora.

Dessa forma, é extremamente necessário o conhecimento do acompanhamento de formação na estrutura da vegetação após o controle, visando a fornecer subsídios para a escolha da técnica de recuperação florestal após sucesso de controle da espécie-alvo. Tal decisão deve ser tomada conforme as condições inerentes a cada local, sendo de extrema

necessidade que tais decisões devam ser baseadas não somente sobre a eficácia do método, mas no entendimento ou na busca dos riscos associados ao seu uso em áreas naturais e no monitoramento dessas transformações ambientais.

REFERÊNCIAS

ABREU, R.C.R.; Rodrigues, P.J.F.P. Exotic tree *Artocarpus heterophyllus* (Moraceae) invades the Brazilian Atlantic Rainforest. *Rodriguésia*. v. 61, n. 4, p. 677-688, 2010.

ANDREA, M.M. *O uso de minhocas como bioindicadores na contaminação de solos*, Acta Zoológica Mexicana. n.2, p. 95-107, 2010, Instituto de Ecologia, A.C. México. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57515556007>>. Acesso 09 set. 2014.

BENITEZ, E.; NOGALES, R.; ELVIRA, C.; MASCIANDARO, G.; CECCANTI, B. Enzyme and earthworm activities during vermicomposting of carbaryl-treated sewage sludge. *Journal of Environmental Quality*. v. 28. p. 1099-1104, 1999.

BIANCHI, M.O.; CORREIA, M.E.F.; DE RESENDE, A.S.; CAMPELLO, E.F.C. Importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados do solo. Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Rio de Janeiro, 2010.

BONI, R.; NOVELLI, F.Z.; SILVA, A.G. 2009. *Um alerta para os riscos de bioinvasão de jaqueiras, Artocarpus heterophyllus Lam., na Reserva Biológica Paulo Fraga Rodrigues, antiga Reserva Biológica Duas Bocas, no Espírito Santo, Sudeste do Brasil*. *Natureza [online]* v. 7. n. 1. p. 51- 55. Disponível em: < <http://www.naturezaonline.com.br>>. Acesso em: 8 dezembro. 2014.

BOTTINO NETTO, L. 2001. *Persistência de herbicida em solos com cafeeiros (Coffea arabica L.)*. 97 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BRASIL. Decreto nº 2, de 04 de fevereiro de 1994. Aprova o texto da Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada na Cidade do Rio de Janeiro, no período de 5 a 14 de junho de 1992. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, de 4 de fevereiro de 1994, Seção 1, p.1693.

BRASIL. Decreto nº 4074, de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, de 08 de janeiro, Seção 1, p.1.

BRASIL. Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2002. Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília- DF, de 23 de agosto de 2002, Anexo 11.1.11, Seção 1, p.2.

BRASIL. Instrução Normativa IBAMA Nº 7, de Julho de 2012. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, de 03 julho 2012. Seção 2, p.1.

BRASIL. Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1965. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, de 16 de setembro, Seção 1, p. 9529.

BRASIL. Lei Federal nº 9605, de 12 de Fevereiro de 1998. Lei de Crimes Ambientais. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, de 13 de fevereiro, Seção 1, p.1.

BRASIL. Resolução CONABIO nº 5 de 21 de outubro de 2009. Dispõe sobre a Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras. *Diário Oficial [da] União* 21 out.2009.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Diário Oficial da União nº 61, Brasília, de 29 de março de 2006, Seção 1, p.150-151.

BRUNNINGER, B.; VISWANATHAN, R.; BEESE, F. Terbutylazine and carbofuran effects on growth and reproduction within three generations of *Eisenia andrei* (*Oligochaeta*). *Biology and Fertility of Soils*. v. 18. p. 83-88, 1994.

BUCH, A.C.; SAUTER, K.D.; BROWN, G.G. Minhocas nativas em testes ecotoxicológicos. In: Anais do Encontro Latino-Americano de ecologia e taxonomia de Oligoquetas. *Embrapa Florestas*, Curitiba-PR, 2010.

CAIRES, L.R.; MENDES, T.S.; DE QUEIROZ, G.A. MENDES, T. DOS SANTOS.; QUEIROZ, G.A. *Análise Fitossociológica de um trecho de Mata Atlântica na Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, Brasil*. Anais do 64º Congresso Nacional de Botânica em 2013. Cd-rom.

CHAVES, C.M.; MARTINS, H.F.; CARAUTA, J.P.P.; LANNA-SOBRINHO, J.P.; VIANNA, M.C.; SILVA, S.A.F. *Arboreto carioca 3*. Centro de Conservação da Natureza, Rio de Janeiro, p.28, 1967.

CALAZANS, J.C. Iconografia de Khnum e iconografia de Harappã: exemplo de um mito de criação importado ou simples coincidência? *Revista Lusófona de Ciência das Religiões*. Ano IV. nº 7/8 173-189, 2005.

CAMPOS, J; ROCHA, M.E.; TAVARES, M. *Controlo de Acácias com Fitocidas nas Dunas do Litoral*. Silva Lusitana, Lisboa, Portugal. v. 10, n. 2, p. 201-206, 2002.

CANTELLI, K.; BUCH, A.C.; BROWNT, G.G.; LOURENÇATO, L.F.; HASHIMOTO, M.O. *O efeito do Tebuconazol no comportamento de Eisenia andrei no Ensaio de Laboratório com Solo Natural*. In: FertBio, Guarapari – ES, 2010.

CAPAZ, C. *Os indígenas na Baía da Ilha Grande*. Angra dos Reis. ed. Conselho Municipal de Cultura, 41 p. 1998.

Conferência das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica. Ministério do Meio Ambiente – Série Biodiversidade, nº 1, 2002

CÔRREA, M.P. *Dicionário das Plantas Úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas*, 1926-1978. Rio de Janeiro, v. IX, Imprensa Nacional.

CORTET, J.; VAUFLEURY, G.A.; POINSOT-BALAGUER, N.; GOMOT, L.; TEXIER, C.; CLUZEAU, D. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutants effects. *European Journal of Soil Biology*, v.35, p. 115-134, 1999.

CRANE, J.H.; BALERDI C.F.; LA MANGUIRE. Jackfruit Growing in the Florida Home Landscape. University of Florida *IFAS Extension*. 2002. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/mg370>>. Acesso em : 12 Março. 2015

CROSBY, A. W. 1986. *Ecological Imperialism: The Biological Expansion of Europe, 900–1900*. Cambridge University Press, UK.

D'ANTONIO, C.; MEYERSON, L.A. Exotic Plant Species as Problems and Solutions in Ecological Restoration: A Synthesis. *Restoration Ecology*.v.10, n.4, p.703-713, 2002.

DEAN, W. 2002. *A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira*. Companhia das Letras, São Paulo, Brasil.

DECHOUM, M. S.; ZILLER, S. R. 2013. Métodos para controle de plantas exóticas invasoras. *Revista Biotemas*, Florianópolis – SC, v. 26, p. 69- 77, 2013.

Decreto nº 33814, de 18 de maio de 2011. Instituiu o Programa Municipal de Controle de Espécies Exóticas. Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro, de 19 de maio de 2011, p.4.

DE OLIVEIRA, C. CTNBIO adia liberação do eucalipto, mas aprova novos milhos transgênicos. Rede Brasil atual, entrevista [on-line] de 06 de março de 2015. Disponível em: <<http://www.redebrasilatual.com.br/ambiente/2015/03/ctnbio-recua-e-adia-liberacao-do-eucalipto-transgenico-2356.html>> Acesso em: 10 mar.2015.

FERRÃO, J.E.M. 1993. *A aventura das plantas e os descobrimentos portugueses*. Instituto de Investigação Científica Tropical, Lisboa.

FLYNN, M.N.; PEREIRA, W.R.L. Ecotoxicologia. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, v. 4, n.3, p. 79-91, 2011.

GARCIA, M. Effects of pesticides on soil fauna: development of ecotoxicological test methods for tropical regions. *Ecology and Development*, Cuvillier Verlag – Alemanha, n.19, 2004

GARCIA, M.; ROMBCKE, J.; DE BRITO, M.T.; SCHEFFCZYK, A. Effects three pesticides on the avoidance behavior of earthworms in laboratory test performed under temperate and tropical conditions. *Environmental Pollution*, v. 153, 450-456, 2008.

GEISELER, S. *Efeitos da população de Artocarpus heterophyllus Lam. sobre a estrutura do componente arbóreo e regenerante na Reserva Biológica de Saltinho, Tamandaré – PE*. 2014. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Curso de Pós Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

GISP – Global Invasive Species Programme. Invasive Species and Poverty: Exploring the links. Cape Town – África do Sul, *Instituto Nacional de Biodiversidade Sul Americano*. 18 p., 2007.

GOMES, E.R. S. 2007. *Espécies exóticas invasoras em Unidades de Conservação do Estado do Rio de Janeiro – Estudo de população de jaqueiras (Artocarpus heterophyllus L.) no Parque Natural Municipal do Mendanha – RJ*. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais), Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

GUEDES-BRUNI, R.R.; LIMA, H.C. Mountain ranges of Rio de Janeiro, Southeastern, Brazil. Centres of Plant Diversity: a guide and strategy for their conservation, v.3.1 ed. Cambridge, U.K. IUCN Publication, p.376-379. 1997.

GORDINHO, M.C. *Ilha Grande Projeto Mar*. Fotógrafo Carlos Secchin. São Paulo. Ed. Marca D'Água, 1997.

HARVEY, R.G.; MAZOTTI, F.J. The invasion Curve: A tool for understanding invasive species management in South Florida. U.S. Department of Agriculture, UF/IFAS Extension Service, University of Florida, 2014.

HURLBERT, S.H. *Pseudoreplication and the design of ecological field experiments*. Ecological Monographs, v. 54, p.187-211, 1984.

I3N-Brasil. Base de dados sobre espécies exóticas invasoras. Disponível em: <www.institutohorus.org.br>. Acesso em: março 2015.

ISO, *Soil quality – Avoidance test for testing the quality of soils and effects of chemicals on behavior*, ISO 17512-1, 2007.

ISO. *Soil quality – Effects of pollutants on earthworms (Eisenia fetida). Part 2. Determination of Effects on Reproduction*. ISO 112682, International Standard Organization, Geneva, 1997.

LEITE, E.M.A.; AMORIM, L.C.A. *Noções Básicas de Toxicologia*, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

LIMA, N.C. 2010. *Avaliação do impacto da contaminação do solo de áreas agrícolas de Bom Repouso (MG) por meio de ensaios ecotoxicológicos*. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010.

LOCKWOOD, Julie L.; HOOPES, Martha F.; MARCHETTI, Michael P. *Invasion ecology*. John Wiley & Sons, 416p, 2013.

LOUREIRO, S.; SOARES, A. M.V.; NOGUEIRA, A.J. Terrestrial avoidance behaviour testes as screening tool to assess soil contamination. Environmental Pollution. v. 138. p.121-131, 2005.

Manual do produto Garlon® 480 BR. Indústria Brasileira. Dow AgroSciences Industrial Ltda.

- MANTOANI, M.C.; ORSI, M.L.; TOREZAN, J.M.D. Efeitos da invasão por *Tradescantia zebrina* Heynh. sobre regenerantes de plantas arbóreas em um fragment de floresta estacional semidecidual secundária em Londrina (PR). *Revista Biotemas*. v. 26, n. 3, p. 63-70, 2013.
- MCNEELY, J.A (Editor). The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species. IUCN, Gland, Switezerland and Crambridge, UK, p.242, 2001.
- MELLO, C.E.H.V. 1987. Apontamento para servir à história fluminense (Ilha Grande): Angra dos Reis, Conselho Municipal de Cultura, p.115.
- MEYER, P.D.; GEE, G.W. Flux-based estimation on field capacity. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. v.125. 7ed. p. 595-599, 1999.
- MMA, 2006. Espécies exóticas invasoras: situação brasileira / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. – Brasília, 24p.
- MMA, 2015. Página do Ministério do Meio Ambiente. seção Agrotóxicos. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos> >. Acessado em março de 2015.
- MOONEY, H.A; CLELAND, E.E. The evolutionary impact of invasive species. PNAS, USA. n.10. v.98. p. 5446-5451, 2001.
- MORAN, P. 1999. *The Susceptibility of Riparian Soil Invertebrates to the Herbicide Triclopyr*. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Toxicologia). Departamento de Toxicologia Ambiental e Molecular, Universidade do Estado de Oregon, 1999.
- MORTON, J.F. The jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) its culture, varieties and utilization. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* . v.78. p. 336-344, 1965.
- MOURA, C.J.R.; BERGALLO, H.G. Development of a control method for the exotic invasive species *Artocarpus heterophyllus* Lamk. (Moraceae) in Ilha Grande State Park, RJ, Brazil. Anais do Congresso, 2010.
- MOTOOKA, P.; CHING, L.; NAGAI, G. Herbicidal weed control methods for pastures and natural areas. *Hawaii: Cooperative Extension Service*, University of Hawaii. p.36, 2002.
- NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 313p. 2005.
- FABRICANTE, J.R.; ARAÚJO, K.C.T.; ANDRADE, L.A.A.; FERREIRA, J.V.A. Invasão biológica de *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) em um fragmento de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil: impactos sobre a fitodiversidade e os solos dos sítios invadidos. *Acta Botanica Brasilica*, v.26. n.2. p. 399-407, 2012.
- NOLDIN, J.A; HERMES, L.C.; FAY, E.F.; EBERHARDT, D.S.; ROSSI, M.A. Persistência do herbicida Clomazone no solo e na água quando aplicado na cultura do arroz irrigado, sistema pré-germinado. *Revista Planta Daninha*, Viçosa-MG, v.19, n.3, p.401-408, 2001.

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

OECD – Guideline for the testing of chemicals Earthworms reproduction test (*Eisenia fetida*/E. *andrei*), OECD 222, 2004.

OECD - Organization for Economic Cooperation and Development - Guia para Testes Químicos, OECD 207, 1984

OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, H.M. *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*, ed. 22. Omnipax. Curitiba, PR. 348p. 2011.

OLIVEIRA, R.R. Ação antrópica e resultantes sobre a estrutura e composição da Mata Atlântica na Ilha Grande, RJ. *Rodriguésia*, 53(82):33-58, 2002.

OLIVEIRA, R. R. When the shifting agriculture is gone: functionality of Atlantic Coastal Forest in abandoned farming sites. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. *Ciências Humanas*, 3: 213-226, 2008.

PAOLETTI, M. G. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agriculture. Ecosystems and Environment*. v.74. p. 137-155, 1999.

PAPINI, S.; ANDREA, M.M. Dissipação de simazina em solo por ação de minhocas (*Eisenia fetida*). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 25, n.3, pp. 593-599, 2001.

PESARO, M.; WIDMER, F. Nicollier.G.; Zeyer, J. Effects of freeze-thaw stress during soil storage on microbial communities and methidathion on degradation. *Soil Biology and Biochemistry*, n.35, p.1049-1061. 2003.

PINTO, M. A. R.; NUNES, M. A.; DUARTE, E. B.; OLIVEIRA, C. A. Interferência da espécie exótica *Tradescantia zebrina* Heynh. no desenvolvimento das espécies de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan e *Piptadenia Gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. no Horto Florestal Anhumas, Itajubá, MG. In: Congresso Brasileiro de Ecologia, Caxambu – MG, 2007.

RAÍCES, D.S.L.; PESSOA, F.S.; LUZ, J.L.; NOGUEIRA-JORDÃO, T.;ESBERARD, C. E.L.;BERGALLO, H.G. Feeding behaviour of the bat *Phyllostomus hastatus* (Pallas 1767) in jackfruit *Artocarpus heterophyllus* Lamarck (Moraceae), in Ilha Grande, Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Brasileira de Zoociências*. v. 10, n. 3, p. 265-267, 2008.

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

SANTOS, A.R.; MONTEIRO, A. Controlo de Invasoras Lenhosas no Parque Ecológico do Funchal. *Silva Lusitana*, Lisboa, v. 15. p. 249-255, 2007

SARAÇA, C.E.S.; RAHY, I.S.; SANTOS, M.A.; COSTA, M.B.; ALENCAR, R.S. E PERES, W.R. A propósito de uma nova regionalização para o Estado do Rio de Janeiro. In: BERGALLO, H.G.; FIDALGO, E.C.C.; ROCHA, C.F.D.; UZÊDA, M.C.; COSTA, M.B.; ALVES, M.A.S.; VAN SLUYS, M.; SANTOS, M.A.; COSTA, T.C.C.; COZZOLINO, A.C.R. (Eds.). *Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Instituto Biomas, cap 2, p. 33-40. 2009.

SHINE, C. *A toolkit for developing legal and institutional frameworks for invasive alien species*. Global Invasive Species Programme, Nairobi, 2008.

SILVA, P.M.C.S.; VAN GESTEL, C.A.M. Development of alternative artificial soil for earthworm toxicity testing in tropical countries. *Applied Soil Ecology*, v. 43, p.170-174, 2009.

TU, M.; Hurd, C.; Randall, J. M. *Weed control methods handbook: tools & techniques for use in natural areas*. The Nature Conservancy, 219p. 2001.

VILÀ, M.; GIMENO, I. Does invasion by an alien plant species affect the soil seed bank? *Journal of Vegetation Science*, Xalapa, v.18, p. 423-430, 2007.

WITTENBERG, R., COCK, M.J.W. (eds.) 2001. *Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 240p.

ZAMPAR, R. 2014. *Invasão biológica por espécies arbóreas exóticas no Parque Estadual Lago Azul, Paraná : aspectos ecológicos das comunidades vegetais e diretrizes para o manejo*. UEM. Tese (Doutorado do Programa de Pós Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais), Universidade Estadual de Maringá-PR, 2014.

ZALBA, S.M.; VILLAMIL, C.B. Woody plant invasion in relictual grasslands. *Biological invasions*. v.4, p. 55-72, 2002.

ZALBA, S.M.; ZILLER, R.S,. Manejo adaptativo de espécies exóticas invasoras. *Revista Natureza & Conservação*, v. 5. n.2. p. 16-22, 2007.

ZENNI, R.D.; ZILLER, R.S. An overview of invasive plants in Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*. São Paulo, v. 34, n. 3, p. 431-446, 2011.

APÊNDICE A

Tabela 1 - Coordenadas UTM dos pontos de amostragem da Análise Ecotoxicológica.

Tratamento	Norte	Leste
Tratados Atualmente	7435866,5	582167,688
Tratados Atualmente	7435847,079	582194,222
Tratados Atualmente	7435841,386	582192,628
Tratados Atualmente	7435838	582184,625
Remanescentes	7435900,753	582225,753
Remanescentes	7435849	582243,063
Remanescentes	7435845	582230,563
Remanescentes	7435850	582218,688
Testemunho	7435880	582193,875
Testemunho	7435868,5	582202,25
Testemunho	7435865	582209,063
Testemunho	7435865	582209,063
Testemunho	7435866,5	582197

Nota: Fuso 23K