

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL  
CENTRO DE CURITIBANOS**

**DANIELLE CRISTINA ORTIZ**

**EFEITO DO PLANTIO DE *Pinus elliottii* PARA A FAUNA EDÁFICA E PARA  
A GERMINAÇÃO DE SEMENTES: ESTUDOS NA FLORESTA NACIONAL DE  
TRÊS BARRAS**

**CURITIBANOS  
2015**

**DANIELLE CRISTINA ORTIZ**

**EFEITO DO PLANTIO DE *Pinus elliotti* PARA A FAUNA EDÁFICA E PARA  
A GERMINAÇÃO DE SEMENTES: ESTUDOS NA FLORESTA NACIONAL DE  
TRÊS BARRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Colegiado do Curso de ENGENHARIA FLORESTAL, do Campus Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof. Dr. Júlia C. Niemeyer.  
Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Siminski.

**CURITIBANOS**

**2015**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Florestal  
Rodovia Ulysses Gaboardi km3  
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC  
TELEFONE (048) 3721-4170 E-mail: alexandre.siminski@ufsc.br

DANIELLE CRISTINA ORTIZ

## **EFEITO DO PLANTIO DE *Pinus elliottii* PARA A FAUNA EDÁFICA E PARA A GERMINAÇÃO DE SEMENTES: ESTUDOS NA FLORESTA NACIONAL DE TRÊS BARRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Colegiado do Curso de ENGENHARIA FLORESTAL, do Campus Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

**Orientador(a): Prof. Dr. Júlia Carina Niemeyer**  
**Co-orientador(a): Prof. Dr. Alexandre Siminski**

Data da defesa: 9 de dezembro de 2015.

**MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:**

**Presidente e Orientador: Prof. Dr. Júlia Carina Niemeyer**  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus de Curitibanos

**Membro Titular: Prof. Dr. Juliano Gil Nunes Wendt**  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus Universitário Curitibanos

**Membro Titular: Prof. Dr. Karine Louise Santos**  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus Universitário Curitibanos

**Local:** Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus de Curitibanos

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ortiz, Danielle Cristina

EFEITO DO PLANTIO DE *Pinus elliotti* PARA A FAUNA  
EDÁFICA E PARA A GERMINAÇÃO DE SEMENTES: ESTUDOS NA  
FLORESTA NACIONAL DE TRÊS BARRAS / Danielle Cristina Ortiz  
; orientadora, Júlia Carina Niemeyer ; coorientador,  
Alexandre Siminski. - Curitibanos, SC, 2015.

78 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Curitibanos. Graduação em Engenharia Florestal.

Inclui referências

1. Engenharia Florestal. 2. *Pinus elliottii*. 3.  
indicadores biológicos. 4. qualidade do solo. 5. processos  
ecossistêmicos. I. Niemeyer, Júlia Carina . II. Siminski,  
Alexandre . III. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Maria e José, por todo o apoio, confiança, paciência, dedicação e carinho.

Ao meu irmão Julio, pelas palavras de apoio, amizade e incentivo.

Ao meu avô Francisco, pelos sábios ensinamentos (*in memoriam*).

Dedico.

Nunca o homem inventará nada mais simples nem mais belo do que uma manifestação da natureza. Dada a causa, a natureza produz o efeito no modo mais breve em que se pode ser produzido.

(Leonardo da Vinci)

“A criação de uma área protegida é uma confissão de suicídio. Uma sociedade que precisa proteger a natureza de si mesma não pode estar certa.”

(José Lutzemberger)

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por ter iluminado o meu caminho durante esta jornada, e segurando em minhas mãos em todos os momentos difíceis, me dando força e coragem para continuar.

À minha família, que sempre torceu para o meu sucesso. Principalmente meus pais e meu irmão, que não mediram esforços para que eu chegasse a esta etapa de minha vida.

Mãe, seu carinho, amor, paciência e dedicação, que me fortaleceram sempre para me manter firme.

Pai, sua presença, significou segurança, e obrigada por me demonstrar que nunca devemos desistir dos nossos sonhos.

Irmão, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos, me dando conselhos e buscando me orientar para seguir o melhor caminho possível.

À minha avó Ondina, que sempre me colocou em suas orações.

Ao meu avô Francisco, que está ao lado de Deus me protegendo, me guiando e me dando forças. Obrigada avô, nunca me sinto sozinha, pois sei que o Sr. sempre está ao meu lado. Eternas saudades.

Aos meus amigos, aqueles os quais compartilhei alegrias e tristezas. Em especial a minha amiga Jaina Martendal, que sempre caminhou comigo, me apoiando e incentivando. Obrigada por todo carinho e amizade.

À minha orientadora e amiga, Prof. Dra. Júlia Niemeyer, que desde o início foi fundamental para o sucesso desta caminhada. Obrigada pela paciência, confiança, amizade, conselhos e ensinamentos. Obrigada por compartilhar comigo as suas ideias, conhecimentos e experiências, que sempre me motivaram. Quero demonstrar o meu reconhecimento e admiração pela sua pessoa e sua competência profissional.

À Prof. Dra. Karine Louise dos Santos, que plantou uma sementinha em mim sobre o tema deste trabalho, e que sempre contribuiu com novas ideias e palavras de incentivo.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Alexandre Siminski, que esteve presente desde o início da minha formação acadêmica, o qual mantive como exemplo durante toda a graduação. Obrigada pela confiança e pelas oportunidades a mim dadas, estas foram essenciais para a minha formação profissional.

Às minhas colegas de iniciação científica, Natalia Martinazzo e Tatiani Pech, agradeço pelo auxílio, paciência e dedicação ao trabalho.

Ao Alexandre Wegner, pela disponibilidade de nos acompanhar nas viagens e dar auxílio nas coletas a campo.

À Prof. Dra. Marie C. Bartz, por auxiliar na identificação das minhocas coletadas durante o trabalho. Obrigada por reservar o seu tempo para nos dar apoio, troca de informações e conhecimentos.

À Prof. Dra. Carla Eloize Carducci e a acadêmica Letícia Salvi Kohn, pelo auxílio nas análises físicas do solo.

À todos os professores e colaboradores da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Curitibanos, em especial aos docentes do curso de Engenharia Florestal, graças ao trabalho e dedicação de vocês, eu estou cumprindo uma etapa importantíssima da minha vida.

À toda a equipe da FLONA de Três Barras, em especial ao Sr. Anésio, pela disponibilidade em nos auxiliar durante a realização deste projeto e pela hospitalidade.

Meus sinceros agradecimentos!

## RESUMO

O *Pinus elliottii* é uma espécie exótica, muito comum na região sul do Brasil e possui grande importância econômica, sendo a principal fonte de madeira para a região. Entretanto, alguns estudos tem apontado que o cultivo desta espécie pode modificar as características físicas, morfológicas, químicas e biológicas do solo, bem como, diminuir ou alterar a comunidade dos organismos edáficos e inibir o crescimento de espécies vegetais próximas. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do cultivo de *P. elliottii* sobre os processos ecossistêmicos e qualidade do solo, usando indicadores biológicos que englobam plantas e invertebrados através de amostragens de campo e de ensaios ecotoxicológicos laboratoriais. O trabalho foi realizado na Floresta Nacional de Três Barras, onde foram implementadas três parcelas de 10 x 10 m em cada uma das seguintes áreas: plantio de *P. elliottii*; plantio de *Araucaria angustifolia*; e Floresta Ombrófila Mista (mata nativa). Em cada parcela foram realizadas coleta de solo para ensaios de ecotoxicidade; amostragem com estrutura preservada em anéis volumétricos para a determinação da densidade aparente e porosidade total do solo; análise dos agregados do solo; amostragem com armadilhas *pitfalls* e escavação de monólitos (TSBF) para avaliação da comunidade de minhocas; coleta de folhíço para extração da macrofauna (funil de Berlese-Tullgren) e para determinação do peso seco de folhas; e instalação dos *bait-lamina* para determinação da atividade alimentar da fauna do solo. Os ensaios de ecotoxicidade incluíram ensaio de fuga com a espécie de minhocas *Eisenia andrei*, ensaio de reprodução com colêmbolos da espécie *Folsomia candida*, e ensaio de germinação de alface (*Lactuca sativa*) com lixiviados. Para o ensaio de comportamento de fuga, o solo sob plantio de *Pinus* apresentou diferença significativa em relação as outras áreas estudadas, sendo que, as minhocas repeliram o solo da área. Em relação a reprodução dos colêmbolos, o solo sob plantio de *A. angustifolia* diferiu estatisticamente em relação aos demais, obtendo o maior número de juvenis. As propriedades físicas de densidade aparente e porosidade total foram significativamente diferentes na área de *Pinus*, apresentando a maior densidade aparente e a menor porosidade total do solo. Na avaliação da comunidade edáfica, a área de *P. elliottii* não diferiu estatisticamente das demais áreas quanto ao índice de diversidade de Shannon e quanto ao índice de equitabilidade de Pielou. Na avaliação da atividade alimentar da fauna do solo, a área de mata nativa apresentou uma tendência a um maior consumo das iscas pelos organismos edáficos, porém, sem diferença estatística em relação as demais áreas analisadas, uma vez que não foi atingido o mínimo de 40% de consumo das iscas nas áreas estudadas durante o período de exposição. Os resultados apresentaram diferenças na qualidade do solo sob plantio de *P. elliottii* quando comparado à mata nativa e plantio de *A. angustifolia*, indicando função de habitat limitada para alguns grupos ou espécies da fauna edáfica. Vale ressaltar que as áreas estudadas não sofrem manejo há aproximadamente 30 anos, e portanto os presentes resultados são limitados para representar o que ocorrem em plantios onde há manejo, como desbaste, entrada de maquinário ou controle químico, o que deve ser contemplado por estudos futuros neste tema.

**Palavras-chave:** *Pinus elliottii*, indicadores biológicos, qualidade do solo, processos ecossistêmicos.

## ABSTRACT

*Pinus elliottii* is an exotic species, very common in southern Brazil and has great economic importance for the region, being the main source of wood. However, some studies have pointed out that this species can modify physical, morphological, chemical and biological soil properties, as well as, reduce or change the community of soil organisms and inhibit the growth of nearby plant species. The objective of this study was to evaluate the effect of *P. elliottii* cultivation on ecosystem processes and soil quality, using biological indicators including plants and invertebrates through field sampling and laboratory ecotoxicological tests. The study was conducted in the Floresta Nacional de Três Barras, SC, Brazil, where were implemented three plots 10 x 10 m in the following areas: plantation of *P. elliottii*; plantation of *Araucaria angustifolia*; Mixed Ombrophilous Forest (native forest). In each plot were performed: solo collection for ecotoxicity testing; soil collection with preserved structure for the determination of bulk density and total soil porosity; analysis of soil aggregates; sampling with pitfalls traps and digging monoliths (TSBF) to evaluate the macrofauna community; litter collection for extraction of macrofauna (Berlese-Tullgren funnel) and for determination of dry weight of leaves; and bait-lamina to determine the feeding activity of soil fauna. Ecotoxicity tests included avoidance behavior tests with the species *Eisenia andrei* (earthworms), reproduction tests with *Folsomia candida* (collembolans), and lettuce seeds germination test (*Lactuca sativa*) using leachates. For the avoidance behavior test, the soil under pine plantations showed a significant difference from the other studied areas, and that the worms repelled the soil of the area. Regarding the reproduction of springtails, the soil in the plantation of *A. angustifolia* differ statistically in relation to the other, getting the highest number of juveniles. The physical properties of apparent density and porosity were significantly different in *Pinus* area having the higher apparent density and smaller porosity of the soil. In the assessment of soil community, the area of *P. elliottii* was not statistically different from the other treatments concerning Shannon's and Pielou's indices. Native forest presented a trend of higher feeding activity in bait lamina test, but no significant differences were found, probably because the low consumption (<40% of baits) during the exposure time. The results showed different soil quality under plantation of *P. elliottii* when compared to *A. angustifolia* and native forest, indicating some limited habitat function for some groups or species. It is noteworthy that the studied areas do not suffer forest management by approximately 30 years, so the results presented here are limited to represent what occurs in conventional plantations with machinery input or chemical control, which should be covered by future studies this theme.

**Keyword:** *Pinus elliottii*, biological indicators, soil quality, ecosystem processes.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1 O GÊNERO <i>Pinus</i> NO BRASIL .....	15
2.2 EFEITOS DO <i>Pinus</i> spp. NOS ECOSISTEMAS .....	16
2.3 POSSÍVEIS EFEITOS DE <i>Pinus</i> spp. SOBRE A GERMINAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS.....	17
2.4 ENSAIOS DE ECOTOXICIDADE NO MONITORAMENTO AMBIENTAL .....	18
<b>2.4.1 Conceito .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4.2 Ensaio ecotoxicológico utilizado no monitoramento ambiental .....</b>	<b>20</b>
2.5 FAUNA DO SOLO COMO INDICADOR DA QUALIDADE AMBIENTAL.....	21
<b>2.5.1 Conceito e classificação da fauna do solo .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.2 Utilização da fauna do solo na avaliação da qualidade ambiental.....</b>	<b>22</b>
2.6 SERVIÇOS AMBIENTAIS EM FLORESTAS.....	24
<b>2.6.1 Conceito e classificação .....</b>	<b>24</b>
<b>2.6.2 Serviços ambientais desempenhados pela fauna do solo.....</b>	<b>26</b>
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>31</b>
3.1 OBJETIVO GERAL.....	31
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	31
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>32</b>
4.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL .....	32
4.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL.....	33
4.3 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E MORFOLÓGICAS DO SOLO.....	34
4.4 ENSAIO DE COMPORTAMENTO DE FUGA COM MINHOCAS .....	34
4.5 ENSAIO DE REPRODUÇÃO DE COLÊMBOLOS.....	35
4.6 ENSAIO DE GERMINAÇÃO COM LIXIVIADO .....	36
4.7 AMOSTRAGEM DE MINHOCAS POR MONÓLITOS.....	37
4.8 AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE DE INVERTEBRADOS DA SUPERFÍCIE DO SOLO.....	37
4.9 ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA DO SOLO MÉTODO DE <i>BAIT-LAMINA</i> ....	40
4.10 ANÁLISE DOS DADOS .....	42
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>

5.1 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E MORFOLÓGICAS DO SOLO.....	43
<b>5.1.1 Análise química.....</b>	<b>43</b>
<b>5.1.2 Densidade aparente e porosidade total.....</b>	<b>45</b>
<b>5.1.3 Morfologia dos agregados do solo .....</b>	<b>48</b>
5.2 ENSAIO DE COMPORTAMENTO DE FUGA.....	50
5.3 ENSAIO DE REPRODUÇÃO COM COLÊMBOLOS ( <i>Folsomia candida</i> ) .....	52
5.4 ENSAIO DE GERMINAÇÃO COM LIXIVIADO .....	54
5.5 RIQUEZA DE MINHOCAS NOS MONÓLITOS .....	55
5.6 AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE DE INVERTEBRADOS DA SUPERFÍCIE DO SOLO.....	56
5.7 ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA DO SOLO ( <i>Bait-lamina</i> ) .....	63
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O gênero *Pinus* é muito comum na região Sul do Brasil e possui grande importância econômica para a região, sendo a principal fonte de madeira. Este gênero começou a ser utilizado no Brasil em 1947, e se desenvolveu bem na região sul do país (SNIF, 2013). Uma das espécies mais utilizadas é o *Pinus elliottii*, que se tornou importante para a economia da região, tendo potencial na utilização comercial, como na produção de celulose, extração de resina e madeira serrada (MACHADO; SCOLFARO, 1988). Do ponto de vista ambiental, uma vez que os recursos naturais da Mata Atlântica há muito vinham sendo dissipados, o cultivo dessa espécie exótica tornou-se uma forma alternativa para abastecer a demanda de madeira e conseqüentemente conservar as matas nativas (SNIF, 2013).

Entretanto, por ser uma espécie exótica e com característica invasora, pode influenciar no ecossistema natural, interferindo nos organismos terrestres e aquáticos, podendo até mesmo alterar as comunidades de invertebrados do solo, eliminar e/ou diminuir grupos da fauna do solo (CÓRDOVA et al., 2009).

Além da alteração da fauna edáfica, Ricklefs (1996) afirma que populações de *Pinus* spp. tem demonstrado efeito de inibição sobre espécies vegetais que iniciam os estágios de sucessão após ação antrópica, o que ocasiona dificuldade de restauração natural do local, interferindo em sua resiliência. Outra questão destacada por Sturges; Atkinson (1993) é o acúmulo de acículas na serrapilheira, sendo de difícil degradação, além de possuírem ceras cuticulares e compostos polifenólicos que dificultam ainda mais a decomposição e interferem nas características do solo, bem como nos organismos vivos, animais ou vegetais ali presentes.

Os polifenóis presentes nas acículas do *Pinus* spp. além de dificultarem a degradação da serrapilheira, são aleloquímicos conhecidos pela alta solubilidade em água e por inibirem o crescimento de outras espécies de vegetais próximas (INDERJIT, 1996; GRAÇA et al., 2002).

Muito se fala sobre os impactos ocasionados pelo plantio de espécies exóticas, principalmente, quando este cultivo trata-se de um monocultivo. Referente aos plantios comerciais de *Pinus* nota-se que atualmente vem se estudando o quanto este gênero é impactante ao local em que é estabelecido. Procurou-se no presente estudo complementar aqueles já existentes na literatura, como também,

disponibilizar mais informações. É extremamente necessário, principalmente devido ao cenário atual vivido, o ser humano conhecer melhor a interferência de suas atividades para os organismos presentes no ecossistema.

Neste contexto, objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do plantio de *P. elliotii* sobre organismos relacionados à qualidade do solo e a processos ecossistêmicos importantes, usando como indicadores plantas e invertebrados, através de amostragens de campo e de ensaios ecotoxicológicos laboratoriais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O GÊNERO *Pinus* NO BRASIL

O gênero *Pinus* pertence à Ordem Coniferae, do grupo das Gymnospermae. Seu centro de origem vai da região polar até os trópicos, incluindo também os continentes da Europa, Ásia, América do Norte e Central, sendo que na América do Sul não há ocorrência natural, tratando-se assim de uma espécie exótica no Brasil. Este gênero engloba cerca de 100 espécies com aptidões para serem exploradas (AGUIAR et al., 2011).

No Brasil, este gênero vem sendo plantado há mais de um século, introduzido primeiramente para fins ornamentais. A partir da década de 1960 é que se iniciou o plantio em escala comercial, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do País (AGUIAR et al., 2011). As espécies mais utilizadas na região sul do Brasil são o *P. elliottii* Engelm. e *P. taeda* L., que se adaptaram bem às condições edáficas e climáticas da região (ZILLER, 2000).

A madeira do pinus tem uma vasta utilidade, como pelas indústrias de madeira, de serrados e laminados, de chapas, de resina e de celulose e papel (AGUIAR et al., 2011).

O gênero *Pinus* se tornou uma das principais fontes de madeira nas últimas três décadas, ganhando espaço importante no setor produtivo e garantindo lugar como principal elemento para movimentar a economia brasileira (VASQUES et al., 2007). O setor florestal brasileiro representa menos de 1% da área produtiva do País, e mesmo assim, a participação do setor no PIB brasileiro tem crescido a cada ano, em 2014 fechou representando 1,1% de toda a riqueza gerada no País e 5,5% do PIB industrial (IBÁ, 2015).

O total de área plantada de espécies florestais no Brasil atingiu 7,74 milhões de hectares em 2014, aumento de 1,8% em relação a 2013. Deste total, os plantios de eucalipto ocupam 5,56 milhões de hectares e os plantios de pinus, 1,59 milhão de hectares. Deste total de 1,59 milhão de hectares, Santa Catarina representa 34,1% dos plantios, perdendo apenas para o Paraná com 42,4% (IBÁ, 2015).

## 2.2 EFEITOS DO *Pinus* spp. NOS ECOSISTEMAS

Os plantios comerciais dispersos na região sul do Brasil utilizam basicamente espécies do gênero *Pinus* como principal fonte de madeira, tornando-se um gênero de grande importância para a economia da região. Em contrapartida, alguns estudos tem apontado que locais onde essa espécie está sendo cultivada estão sofrendo modificações em sua paisagem natural. Segundo Quadros et al., (2009) alguns rios estão desaparecendo ou perdendo o seu fluxo natural, os animais estão migrando para outras regiões e as plantas nativas não estão conseguindo um bom desenvolvimento/crescimento, como também a fertilidade do solo está sendo afetada, impossibilitando que algumas culturas alimentícias tenham o mesmo rendimento.

Alguns efeitos podem estar relacionados ao fato de que a serrapilheira da floresta de pinus se degrada lentamente, acumulando nutrientes apenas nesta camada e ficando indisponível para o solo, sendo que os solos com este plantio se caracterizam como mais ácidos. O efeito alelopático causado pelo pinus é uma das possíveis explicações para a ocorrência de tais fenômenos. Sendo que tais elementos comprometem a funcionalidade dos ecossistemas (NISSANKA et al., 2005).

A funcionalidade do ecossistema pode ser avaliada através dos organismos edáficos, pois estes tem uma profunda relação com a serrapilheira e o solo, e uma sensibilidade enorme referente a efeitos no ambiente, tanto causado pelos homens como por outras vegetações presentes que interfiram na cobertura vegetal (CORREIA; PINHEIRO, 1999).

Qualquer fator pode alterar a diversidade e a presença da fauna edáfica no solo, trazendo prejuízos tanto em processos de decomposição como de ciclagem de nutrientes, qualquer interferência prejudica todo o sistema, pois, além de possibilitar uma avaliação na qualidade do ambiente a fauna edáfica possui funções vitais aos ecossistemas (LAVELLE et al., 2006).

Os plantios de pinus próximos a mananciais superficiais podem interferir nas características da água. Segundo trabalhos realizados na Holanda águas provenientes do plantio com espécies do gênero de *Pinus* se caracterizavam com modificações na cor, maior demanda de oxigênio, maior concentração de

bicarbonatos, maior dureza e maior concentração de cloretos, comparadas com outras áreas sem a presença desta cultura (LIMA; BARBIN, 1975).

Comparando com outros estudos que também constataram que o plantio do gênero *Pinus* causou alterações nas características físico-químicas da água, e diante de tais resultados e juntamente com os compostos fenólicos presentes nas coníferas, o plantio próximo à água pode interferir no possível uso desta para outros fins, pois altera a qualidade, afetando o ecossistema aquático e terrestre (DUTRA, 2012).

### 2.3 POSSÍVEIS EFEITOS DE *Pinus* spp. SOBRE A GERMINAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS

Os vegetais, através das folhas, flores, raízes, gemas, casca e serrapilheira em processo de decomposição ou por exsudação, podem liberar metabólitos primários e secundários que são inseridos no ambiente, principalmente no solo (TAIZ; ZEIGER, 2002). Grande parte desses compostos liberados é proveniente do metabolismo secundário e estão ligados ao mecanismo natural de defesa da planta contra ataques de microrganismos e insetos (MEDEIROS, 1990). Entretanto, estes compostos por sua vez podem ser aleloquímicos e causam alelopatia em plantas próximas.

Alelopatia se caracteriza quando há liberação de substâncias químicas por um organismo afetando os demais componentes da comunidade (PIRES; OLIVEIRA, 2011). A diferença entre alelopatia e competição é que a primeira envolve liberação de substâncias químicas, enquanto que a segunda envolve restrição de recursos como luz, água ou nutrientes. Em algumas situações, tais fenômenos podem ocorrer juntos, caracterizando o que Seigler (1996) denomina como interferência.

Os compostos mais comumente encontrados que causam efeitos alelopáticos são pertencentes aos grupos dos ácidos fenólicos, cumarinas, terpenóides, alcalóides, glicosídeos cianogênicos, derivados do ácido benzóico, etileno, saponinas, taninos, quinonas complexas e flavonóides (RODRIGUES; LOPES, 2001; SOUZA; FURTADO, 2002; TOKURA; NÓBREGA, 2006).

Os aleloquímicos podem interferir na germinação, dormência, biomassa e crescimento das plantas, além de afetar as estruturas citológicas e ultraestruturais;

hormônios; membranas e sua permeabilidade; absorção de minerais; movimentos de estômatos; síntese de proteínas; atividade enzimática; relações hídricas e condução; material genético, induzindo alterações no DNA e RNA. Sobretudo podendo alterar as propriedades físicas e químicas do solo e comprometer a fauna edáfica (ANDRADE; BITTENCOURT; VESTENA, 2009).

No caso do *P. elliotii*, por pertencer à Ordem Coniferae, possuem altas concentrações de resinas e compostos fenólicos (MANNINEM et al., 2002). Estes compostos fenólicos são aleloquímicos por possuírem alta solubilidade em água e de interferirem negativamente no crescimento dos vegetais (INDERJIT, 1996). Além disso, os ácidos fenólicos causam impactos nos processos de fotossíntese, síntese proteica, absorção mineral, síntese de clorofilas, e, sobretudo alteram a permeabilidade das membranas e o balanço hídrico, desregulando todo o sistema dos vegetais (RICE, 1984). Como estes compostos fenólicos estão presentes na planta eles podem estar no ambiente através da degradação das partes vegetais e lixiviados (MANNINEM et al., 2002).

Outro efeito associado aos plantios de pinus é o sombreamento ocasionado no sub-bosque pela deposição de elevadas quantidades de acículas no solo. Estas acículas acumuladas no solo podem ter potencial de liberação de compostos fenólicos, contaminando tanto o solo quanto à água de drenagem que acaba contaminando fontes naturais e alterando as propriedades físicas e químicas do ambiente (VILLAVICENCIO et al., 2010). Deste modo, há uma preocupação com os organismos presentes no solo cultivado com *P. elliotii*, e de como estas características podem interferir em outras espécies, principalmente nas nativas e em especial nas pioneiras que habitam os primeiros estágios de sucessão e que promovem a estrutura da floresta. E referente às espécies agrícolas, pois também o solo pode vir a receber essas culturas, e o potencial de desenvolvimento pode ser danificado devido à presença de aleloquímicos.

## 2.4 ENSAIOS DE ECOTOXICIDADE NO MONITORAMENTO AMBIENTAL

### 2.4.1 Conceito

O termo ecotoxicologia foi descrito pela primeira vez em 1969, em Estocolmo na reunião do *Committee of the International Council of Scientific Unions* (ICSU) pelo

toxicologista René Truhaut. É definida como a ciência que estuda o efeito dos compostos químicos tanto de origem natural como sintética no meio ambiente, trazendo a dimensão dos organismos presentes como um todo, tanto os aquáticos como os terrestres, tornando-se uma maneira de avaliar a qualidade do ecossistema (MAGALHÃES; FILHO FERRÃO, 2008).

A ecotoxicologia busca avaliar os efeitos para organismos expostos a estresses químicos, utilizando ensaios de toxicidade laboratoriais e avaliações de campo.

Os ensaios com os organismos vivos buscam complementar as avaliações químicas, buscando avaliar a toxicidade de uma substância ou mistura no ecossistema de forma mais realística (GUARATIN et al., 2008).

Nos ensaios ecotoxicológicos, a escolha dos organismos-teste diz respeito ao tipo de estudo e situação que se pretende estudar. Pode-se realizar estudos abordando a nível do indivíduo, população, comunidade ou abrangendo o ecossistema. Dependendo da finalidade do estudo, ele pode prorrogar-se por vários anos, através de um monitoramento contínuo da área que deseja-se estudar, principalmente em casos que se estão testando tratamentos para remediações de áreas contaminadas.

Para obtenção de resultados mais relevantes para o ecossistema, devem ser aplicados ensaios com espécies pertencentes a níveis tróficos diferentes, uma vez que os efeitos dependerão não só da concentração e da composição do poluente químico, mas serão também diferentes para cada espécie, podendo ser tóxicos para todos os organismos ou limitar-se apenas a uma ou outra espécie (BIANCHI et al., 2010).

Por isso, entre os critérios da escolha dos organismos-teste estão sua sensibilidade e representatividade do ecossistema em questão, além da sua relação com serviços ecossistêmicos importantes. As avaliações de ecotoxicidade laboratoriais usam organismos cultivados em laboratório, cuja biologia é bem conhecida, e usados em avaliações padronizadas por órgãos normatizadores como ISO (International Organization for Standardization), OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), ASTM (American Society for Testing and Materials), e no Brasil pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Entre os organismos utilizados para avaliar o solo estão bactérias heterotróficas, espécies de minhocas do gênero *Eisenia*, colêmbolos da espécie *Folsomia candida*, espécies

de plantas, entre outros (GUARATIN et al., 2008). Entre as avaliações ou *endpoints*, destacam-se efeitos sobre o comportamento dos organismos, através de ensaios de fuga, efeitos sobre a sobrevivência e efeitos sobre a reprodução das populações.

#### **2.4.2 Ensaios ecotoxicológicos utilizados no monitoramento ambiental**

Pode-se dizer que a aplicação da ecotoxicologia em ambientes terrestres é uma ciência praticamente nova, onde os maiores estudos científicos tem ocorridos nos últimos 20 anos e relativamente centralizados na Europa, EUA e Canadá, desta forma, em países tropicais como o caso do Brasil ainda sabe-se pouco sobre os impactos ocorridos sobre o solo advindos das ações antrópicas ou naturais (BIANCHI, et al., 2010). Os ensaios de ecotoxicidade podem ser aplicados para a avaliação dos impactos sobre a fauna do solo e sobre suas funções quando os organismos estão expostos a estresses químicos como de substâncias oriundas do metabolismo das plantas. .

Atualmente os ensaios ecotoxicológicos tem sido bastante utilizados para observar os efeitos da utilização de agrotóxicos nos solos, exemplos como Marion et al., (2012) que avaliaram a condição de toxicidade no solo em diferentes culturas olerícolas, comparando o sistema convencional com o sistema de bases ecológicas, através de testes ecotoxicológicos utilizando *Eisenia fetida*. Ou Vampré; Fuccillo; Andréa (2010) que utilizaram a *Eisenia andrei* como biondicador de contaminação do solo por hexachlorobenzene (HCB), que é gerado por meio de processos intermediários de manufatura, incluindo a produção de solventes clorados e agrotóxicos.

Estudos recentes comprovam a grande utilização dos ensaios de ecotoxicidade com organismos vivos para a avaliação de óleos essenciais liberados durante a degradação das folhas. Um exemplo de aplicação é o trabalho de Martins et al., (2013) que ao analisar os óleos essenciais presente na degradação das folhas de *Eucalyptus globulus* conclui que estes compostos secundários podem ser a causa dos efeitos do reflorestamento de eucalipto na constituição e biodiversidade dos organismos do solo, bem como na prestação de serviços ecossistêmicos prestados por estes organismos, como exemplo, na ciclagem de nutrientes.

Porém, não se tem muitas informações na literatura relatando o efeito do *Pinus* spp e/ou da utilizando do monocultivo de espécies exóticas sobre o

comportamento de fuga em minhocas, onde o presente trabalho busca suprir essa escassez.

## 2.5 FAUNA DO SOLO COMO INDICADOR DA QUALIDADE AMBIENTAL

### 2.5.1 Conceito e classificação da fauna do solo

Fauna do solo refere-se a comunidade de invertebrados que vive permanentemente ou que realiza um dos seus ciclos de vida no solo. Esses indivíduos podem ser classificados de acordo com as suas dimensões corporais ou com base em aspectos funcionais (AQUINO, 2005).

De acordo com o tamanho corporal eles podem ser classificados em macro, meso ou microfauna edáfica. Os organismos da macrofauna do solo possuem o diâmetro corporal entre 2 e 20 mm. Como representantes, podemos citar os anelídeos e os coleópteros. Exercem importante papel no transporte de materiais, construindo galerias que alcançam diferentes profundidades no solo. Como funções primordiais podemos destacar a fragmentação do resíduo vegetal e contribuição direta na estruturação do solo (SWIFT et al., 1979; MANHÃES, 2011; TROGELLO;TROGELLO;SILVEIRA, 2008).

Os organismos da mesofauna do solo possuem diâmetro entre 100  $\mu\text{m}$  e 2 mm, como por exemplo, os colêmbolos e os ácaros. Dentre as funções destes organismos, podemos citar a contribuição na regulação da população microbiana (MANHÃES, 2011; TROGELLO;TROGELLO;SILVEIRA, 2008).

Os organismos da microfauna do solo possuem o diâmetro de 4 a 100  $\mu\text{m}$ , um dos exemplos são os organismos pertencentes ao filo Protozoa. O papel da microfauna é atuar de maneira indireta, na ciclagem de nutrientes, regulando as populações de bactérias e fungos, e também possuem um importante papel nos ciclos biogeoquímicos (MANHÃES, 2011; TROGELLO;TROGELLO;SILVEIRA, 2008).

Em relação aos aspectos funcionais a fauna do solo pode ser classificada em: em saprófagos, micrófagos, predadores, insetos sociais e fitófagos.

Os saprófagos se alimentam dos materiais em decomposição, fragmentando-os, e liberando nutrientes que são disponibilizados as plantas. Os micrófagos, são geralmente microartrópodes responsáveis pela regulação da população microbiana,

pois se alimentam de microrganismos. Os predadores alimentam-se de outros organismos vivos. Os insetos sociais se caracterizam por apresentarem organização social (MANHÃES; FRANCELINO, 2012). Os insetos fitófagos são aqueles capazes de se alimentar diretamente de alguma planta viva (ROLT, 2009).

### **2.5.2 Utilização da fauna do solo na avaliação da qualidade ambiental**

Avaliar a comunidade de organismos edáficos pode possibilitar informações para compreender o funcionamento dos ecossistemas, e principalmente se apresentam como indicadores das mudanças ocorridas pelos usos inadequados dos recursos naturais. O monitoramento da fauna do solo pode ser uma ferramenta que possibilita avaliar a qualidade ambiental, além do próprio funcionamento como sistema de produção agrícola, ou seja, avaliando a qualidade do solo (ANDRADE, 2000).

As atividades humanas muitas vezes acabam eliminando e/ou diminuindo os invertebrados do solo, encadeando efeitos negativos ao meio ambiente e interferindo nas cadeias alimentares, provocando extinção de muitas espécies e influenciando nos processos dos ciclos biogeoquímicos (ARAÚJO et al., 2010).

A avaliação da qualidade do solo permite identificar o quanto um sistema é capaz de desenvolver suas múltiplas funções no ambiente, mantendo a sustentabilidade do ecossistema (KARLEN et al., 1994), o que está diretamente ligada com o tipo de manejo e o uso estabelecido.

Para avaliar a qualidade do solo, são utilizados indicadores físicos, químicos e/ou biológicos, constituindo assim uma forma de classificar a qualidade do solo e monitorar as alterações no ambiente (ARAÚJO et al., 2012).

O solo abriga uma ampla diversidade de organismos edáficos, que possuem suma importância para o funcionamento dos processos ecossistêmicos. A fauna edáfica, principalmente os organismos da macro e mesofauna tem função importante na manutenção e funcionamento dos processos edáficos (BARETTA et al., 2003). A fauna do solo é determinante na serrapilheira e nos ecossistemas florestais pois, é essencial na ciclagem de nutrientes e decomposição da matéria orgânica, além de que, melhora as condições físicas do solo e o mantém biologicamente ativo (FERREIRA; MARQUES, 1998).

Os colêmbolos são organismos da fauna edáfica que pertencem à classe Insecta, Subclasse Apterygota e Ordem Collembola e representam insetos apterigotas mais primitivos (STEFFEN; ANTONIOLLI; STEFFEN, 2007). São invertebrados de maior representatividade no solo, com habitat amplo, podendo ser encontrados na serrapilheira, árvores, litoral marinho e água doce (BELLINGER et al., 2015).

Os colêmbolos são representantes da mesofauna do solo e possuem como principal função a participação na decomposição da matéria orgânica (BARETTA, 2008). Atualmente estes organismos estão sendo utilizados como bioindicadores da qualidade do solo, e isto se dá pela sua sensibilidade a alterações ambientais (BELLINGER et al. 2015). Os fatores que podem afetar a presença dos colêmbolos em determinadas áreas estão relacionadas ao pH, liberação de certos íons e umidade, aparecimento de substâncias que compõem pesticidas e/ou metais (CASSAGNE et al., 2004; BELLINI & ZEPPELINI, 2009). Além disso, segundo Mussury et al. (2008) a quantidade de matéria orgânica presente na área também pode influenciar na população dos indivíduos, sendo que, quanto menos material vegetal, menor é a presença de colêmbolos.

As formigas, conhecidas como engenharas do solo, são os organismos edáficos mais dominantes dos ecossistemas terrestres. Juntamente com os cupins, são os grupos que dominam as florestas tropicais em abundância, biomassa e também em relação ao grande número de funções ecológicas por elas exercidas (KJORASAKI; MORAIS; BRAGA, 2013).

Entre as principais funções ecológicas das formigas para o ecossistema solo estão: a movimentação da terra para a superfície, a aeração do solo, revolvimento e infiltração da água, ciclagem de nutrientes, dispersão secundária de sementes, polinização, herbivoria e atividades realizadas na engenharia de seus ninhos (KJORASAKI; MORAIS; BRAGA, 2013; CREPALDI, 2014).

As formigas são organismos que estão sendo comumente utilizados como indicadores da qualidade do solo, do estado de degradação e/ou de recuperação do ecossistema (VASCONCELOS, 1998). Isto, por serem um grupo com alta riqueza de espécies, por possuírem táxons especializados e pela grande sensibilidade em perceberem alterações ambientais (SANTOS; SOUZA; MORINI, 2003).

As minhocas são muito sensíveis e reagem as alterações causadas pelas atividades antrópicas e naturais que ocorrem ao solo e sua cobertura vegetal. Deste

modo, elas nos auxiliam nas noções do estado atual dos ecossistemas e de mudanças ao qual foi submetido.

Atualmente, as minhocas estão sendo utilizadas em estudos para avaliar áreas contaminadas. Machado (2012), realizou teste de comportamento de fuga utilizando a *Eisenia andrei* para avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de cascalhos oriundos da perfuração de poço de petróleo, e constatou que esse teste demonstrou de forma rápida o efeito, e comparando os ensaios realizados com plantas o autor destacou que as minhocas são mais sensíveis, respondendo de forma mais segura à toxicidade de resíduos.

Destaca-se também a utilização das minhocas em testes que avaliam a contaminação por agrotóxicos (CANTELLI et al., 2010; ANDRÉA, 2010) e metais pesados (CESAR et al., 2013; NIEMEYER, 2012). Assim como, MATOS-MOREIRA et al., (2011) realizaram o ensaio de comportamento de fuga para avaliar a qualidade do solo e sua função como habitat, perante aplicação de chorume de bovino e lodo de indústria láctea no solo.

Assim, as minhocas são importantes como indicadoras de perturbação no ambiente, contaminação, potencial produtivo do solo e na avaliação e monitoramento da qualidade ambiental em geral (BROWN; DOMÍNGUEZ, 2010).

## 2.6 SERVIÇOS AMBIENTAIS EM FLORESTAS

### 2.6.1 Conceito e classificação

Os bens e serviços ambientais ou bens e serviços ecossistêmicos são caracterizados como benefícios que as pessoas obtêm de determinado ecossistema (POCIDONIO; TURETTA, 2012). Ambos os termos foram tratados como sinônimos neste trabalho, embora, alguns autores fazem distinções entre os conceitos de serviços ambientais e serviços ecossistêmicos.

Segundo autores como Muradian et al., (2010), os serviços ecossistêmicos são uma subcategoria dos serviços ambientais, que refere-se aos benefícios humanos provenientes de ecossistemas naturais, já os serviços ambientais, são ditos como os benefícios ambientais consequentes das intervenções propositais da sociedade na dinâmica dos ecossistemas, como as atividades humanas para a manutenção ou a recuperação dos componentes dos ecossistemas. Porém, como

Parron et al., (2014) enfatiza que é necessário maiores discussões a cerca desta definição, e como não tendo ainda um parecer conclusivo utiliza-se os termos como sinônimos.

Os serviços ambientais de acordo com *Milenium Ecosystem Assessement* (2005), podem ser divididos em quatro categorias, sendo elas: Serviços de suporte; provisão; regulação e serviços culturais.

Os serviços de suporte basicamente oferecem estrutura para que os demais serviços possam ser proporcionadas a comunidade. São benefícios que se apresentam em longo prazo, e são disponibilizados de forma indireta as pessoas, como exemplo, a formação dos solos. Já os serviços de provisão são diretamente obtidos dos ecossistemas e fornecidos a comunidade, como o alimento ou a água. Os serviços de regulação são aqueles benefícios oriundos da regulação natural dos processos ecossistêmicos, como por exemplo, a regulação do clima. E por fim, os serviços culturais, que são ditos como não materiais, onde o ecossistema oferece a sociedade o bem-estar, a contemplação da natureza, o enriquecimento espiritual, entre outros (PARRON et al.,2015). A Tabela 1 a seguir representa as categorias dos serviços ambientais e os exemplos de cada uma:

**Tabela 1** - Classificação dos serviços ambientais e os exemplos de serviços em cada categoria.

CATEGORIA	EXEMPLOS DE SERVIÇOS
Serviços de suporte	Manutenção da biodiversidade Manutenção do ciclo de vida (ciclagem de nutrientes e da água/fotossíntese) Formação do solo
Serviços de provisão	Alimentos Fibras/madeira Recursos genéticos Recursos medicinais Recursos ornamentais Água potável
Serviços de regulação	Regulação da qualidade do ar Regulação do clima (incluindo sequestro de C) Regulação dos fluxos de água (enchente/seca) Purificação da água Fertilidade do solo Prevenção da erosão Controle biológico (doenças/pragas)

		Continuação...
	Polinização	
	Prevenção de desastres	
	Controle de resíduos	
	Valores estéticos (paisagem)	
Serviços culturais	Recreação e turismo	
	Valores espirituais e religiosos	
	Valores educacionais/culturais	

Fonte: MILENIUM ECOSYSTEM ASSESSEMENT, 2005.

### 2.6.2 Serviços ambientais desempenhados pela fauna do solo

O solo é um componente extremamente importante para o crescimento e sustentação das plantas e para a produção de alimentos, além disso, neste sistema encontra-se um reservatório de biodiversidade de organismos edáficos, e nele ocorrem os principais bens e serviços ambientais, como a ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica, regulação da cadeia trófica e outros serviços que regulam o ecossistema (MENTA, 2012).

As florestas naturais são ecossistemas importantes para a geração e a manutenção de uma grande parte desses bens e serviços ambientais, e os principais organismos responsáveis por afetar o funcionamento dos serviços ambientais são a fauna edáfica. Na Tabela 2, demonstra-se os principais serviços ambientais que a fauna do solo está envolvida.

A fauna do solo possui um papel muito importante nos ecossistemas, pois são capazes de intermediar e realizar funções ecológicas necessárias para a funcionalidade dos ambientes, dentre elas destacamos: estruturas como magroagregados, montículos e ninhos, que possibilitam uma maior capacidade de infiltração de água e descompactação do solo, disponibilizam nutrientes e oxigênio para às plantas, decomposição da matéria orgânica e modificação das características químicas do solo (KORASAKI; MORAIS; BRAGA, 2013). Desta forma, os organismos edáficos podem ser usados como indicadores da qualidade do solo dos ecossistemas por participarem ativamente dos serviços ecossistêmicos mediados pelo solo (LAVELLE et al., 2006).

As florestas tropicais normalmente estão situadas em solos ácidos e pobres em nutrientes, mas notavelmente percebemos a grande exuberância, alta diversidade de plantas e vitalidade destes ambientes. O clima onde estão

localizadas estas florestas se caracterizam por serem quentes e úmidos, com elevadas precipitações, o que ocasiona perdas de nutrientes por lixiviação. Assim para evitar as perdas dos nutrientes, a floresta possui uma elevada eficiência na ciclagem de nutrientes, pois representa um mecanismo de conservação de nutrientes no ecossistema, o que está intimamente ligada a atividade biológica do solo exercida pelos organismos edáficos, pois a deposição de galhos, folhas, troncos, entre outros materiais vegetais que formam a serrapilheira são rapidamente decompostos e os nutrientes são reciclados e fornecidos às plantas (LUIZÃO, 2007; SHUBART et al., 1984). O processo de ciclagem de nutrientes tem grande influência na manutenção dos fatores ecológicos e auxilia a capacidade de resiliência dos ecossistemas florestais (MORAES et al., 1999).

O processo de degradação da matéria orgânica e de nutrientes para as camadas do solo ocorre devido a produção de serrapilheira (VITAL et al., 2004). A serrapilheira tem como função contínua o abastecimento de alimentos para a microflora e a fauna. O acúmulo de serrapilheira presente numa floresta está extremamente ligado ao grau de decomposição existente, sendo a relação da quantidade de material que se acumula, menos a taxa de decomposição. As variáveis determinantes que afetam a taxa de decomposição são oriundas de natureza química e física dos tecidos vegetais, condições de aeração, temperatura e umidade, bem como a quantidade e tipo de microflora e fauna presente na área (CI FLORESTAS [s.d]).

Atualmente tem-se utilizados alguns métodos para a caracterização e estudo das taxas de decomposição dos ecossistemas através da avaliação da taxa alimentar dos organismos edáficos, empregado principalmente para comparar a influência dos sistemas de cultivo e/ou manejo do solo. Kratz (1998) cita a utilização de *bait-lamina*, *litter-bags*, *litter-containers* e *minicontainers*. Entretanto, o autor destaca que o método *bait-lamina* quando comparados com os demais é o menos laborioso e que consegue respostas satisfatórias em menor unidade de tempo.

Assim, devemos destacar a importância da conservação do solo para conservar a biodiversidade dos organismos edáficos com finalidade de manter o bom funcionamento dos ecossistemas. Uma forma de auxiliar em estratégias para melhorar a conservação do solo é incluir o estudo dos possíveis efeitos dos monocultivos sejam eles agrícolas e/ou florestais, como é o caso do plantio de *P.*

*taeda* causados na fauna edáfica e nos serviços que desempenham nos ecossistemas.

**Tabela 2 - Principais serviços ambientais e a atuação da fauna do solo.**

<b>Categoria</b>	<b>Bens/Serviços</b>	<b>Processo ecossistêmico</b>	<b>Contribuição dos invertebrados do solo</b>	<b>Indicador da contribuição da fauna</b>
<b>Provisão</b>	Fornecimento de água	Infiltração e armazenamento de água no sistemas de poros do solo	Bioturbação, produção de fezes estáveis e galerias que aumentam a infiltração e retenção de água no solo	Proporção e disposição das estruturas biogênicas no solo
<b>Suporte</b>	Ciclagem de nutrientes	Decomposição	Comunicação/ Seleção e Ativação das atividades microbianas	Taxa de decomposição da liteira
		Humificação		Perfil da matéria orgânica do solo
		Regulamento de perdas de nutrientes (desnitrificação lixiviação)		Medida do teor de matéria orgânica nas diferentes frações do solo
	Formação do solo	Pedogenese	Bioturbação, seleção de partículas, deposição de coprólitos superficiais, aumento na taxa de formação do solo	DNA e análises em NIRS e Deposição superfície estruturas biogênicas
	Produção primária	Estimulação da atividade simbiótica no solo	Aprimoramento microbiano seletivo em domínios funcionais	
Produção de moléculas sinalizadoras		Controlo de pragas através interações biológicas; aprimorada capacidade de resposta da planta vigor/ crescimento/ produtividade		Avaliações de DNA do solo
		Proteção contra pragas e doenças		Comunidades faunísticas solo Índices de vigor das plantas

				Continuação...
<b>Regulação</b>	Controle de erosão e enchentes	Regulação do escoamento da água	Criação de rugosidade da superfície por estruturas biogênicas	Produção de estruturas biogênicas
		Infiltração e armazenamento de água no solo	Criação de rugosidade e deposição de coprólitos superficiais, mudam taxa de escoamento da água e de erosão do solo. Mudança na estrutura do solo, aumentando a porosidade, e bioporos na superfície que aumentam a infiltração.	Humus e morfologia do solo
	Regulação do clima	Produção/consumo de gases do efeito estufa (GEE)	Mudança nas taxas de emissão de GEE, esp. N <sub>2</sub> O (por desnitrificação) e CO <sub>2</sub> (por respiração/decomposição)	Formação de agregados estáveis
		Armazenamento de matéria orgânica no solo e biomassa	Formação de agregados estáveis e substâncias húmicas resistentes	

**Fonte:** LAVELLE et al., 2006.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do plantio de *P. elliotii* sobre os principais processos ecossistêmicos exercidos pela fauna edáfica e qualidade do solo, utilizando indicadores biológicos que englobam plantas e invertebrados através de ensaios ecotoxicológicos.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Avaliar os efeitos do solo sob plantio de *P. elliotii* para os organismos da macrofauna edáfica utilizando minhocas como bioindicadoras, avaliando o efeito do solo dos plantios para o comportamento de fuga das minhocas, e avaliando a riqueza de espécies de minhocas a campo pelo método TSBF;
- ✓ Avaliar os efeitos do solo sob plantio de *P.elliotii* para os organismos da mesofauna edáfica utilizando colêmbolos como bioindicadores através de ensaio de reprodução;
- ✓ Avaliar os efeitos do solo sob plantio de *P.elliotii* para as características químicas, físicas e morfológicas do solo;
- ✓ Analisar a atividade alimentar da fauna do solo dos três diferentes ambientes florestais (plantios de *P.elliotii*, *A. angustifolia* e mata nativa) utilizando o método de *bait-lamina*;
- ✓ Comparar a diversidade de Shannon-Weaver, abundância e riqueza dos organismos do solo em plantios de *P.elliotii*, *A. angustifolia* e mata nativa através, da amostragem por armadilhas *pitfalls*;
- ✓ Comparar a diversidade de Shannon-Weaver, abundância e riqueza dos organismos do solo em plantios de *P.elliotii*, *A. angustifolia* e mata nativa, através da utilização do folhiço recolhido utilizando o método Funil de Berlese-Tullgren;
- ✓ Verificar a existência de alelopatia no solo superficial do plantio de pinus através do ensaio de germinação com *Lactuca sativa*.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL

A área de estudo está localizada na Floresta Nacional de Três Barras (Flona de Três Barras) pertencente ao município de Três Barras - SC. A Flona é uma unidade de conservação de uso sustentável da natureza, administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (Figura 1).

**Figura 1** - Floresta Nacional de Três Barras. Imagem da divisa entre os talhões de *P. elliottii* e *A. angustifolia* contemplados na amostragem deste trabalho.



**Fonte:** Autor.

Três Barras está localizada no planalto norte do estado de Santa Catarina, com latitude de 26°06'23" sul e uma longitude 50°19'20" oeste, e altitude de 802 m, o clima segundo a classificação climática de Köppen-Geiger é subtropical úmido (Cfa). O bioma caracteriza-se como Mata Atlântica e a fitofisionomia como Floresta Ombrófila Mista (FOM). O tipo de solo encontrado nas áreas é caracterizado como Latossolo Vermelho Álico, de acordo com Embrapa (2013).

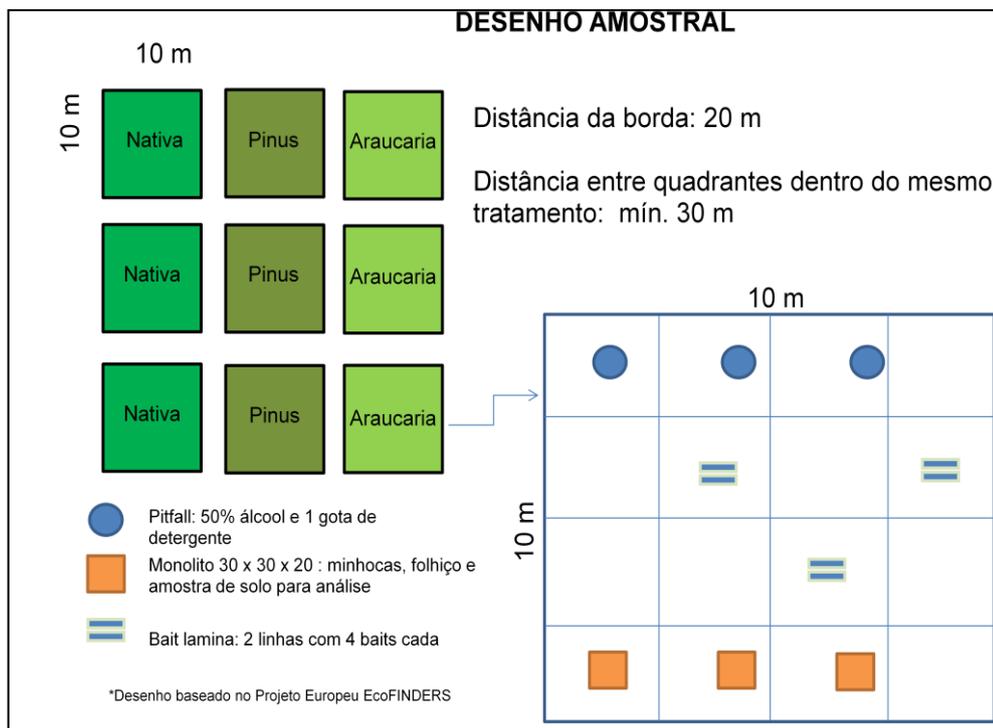
A Flona de Três Barras possui uma área total de aproximadamente 4.385 hectares. O presente estudo se concentrou nas áreas de Mata Nativa, plantio de *A. angustifolia* e plantio de *P. elliottii*. O plantio de *A. angustifolia* foi implantado em 1953 em uma área de 8,09 ha, onde o espaçamento utilizado foi de 1,0 m X 1,0 m e

foram realizados dois desbastes, um em 1977 e outro em 1984. Já o plantio de *P. elliotii* foi implantado em 1963 em 2 ha, onde o espaçamento utilizado foi 2,5 m X 2,0 m e foram realizados dois desbastes nos anos 1973 e 1980.

#### 4.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

As coletas dos dados foram realizadas no mês de abril e maio de 2015. Para a amostragem utilizou-se o método de parcelas a campo. Em cada área foram delineadas três parcelas de 10 m X 10 m, totalizando uma área de 100 m<sup>2</sup> por parcela, sendo que foi estabelecida uma distância de 30 m entre elas e 20 m da borda. A distribuição e organização das análises realizadas seguiram o desenho amostral apresentado na Figura 2.

**Figura 2** - Desenho amostral das análises realizadas a campo na Flora de Três Barras.



**Fonte:** Autor.

\* The EcoFINDERS (*Ecological Function and Biodiversity Indicators in European Soil*), é um projeto Europeu , coordenado pelo INRA (*Institut National de la Recherche Agronomique*), que reúne 23 parceiros de 10 países europeus além da China, com o objetivo de desenvolver uma política para gestão sustentável dos solos com base na Estratégia para os Solos , apoiada por conhecimentos científicos e tecnológicos sobre a biodiversidade do solo e o funcionamento em relação com os serviços do ecossistema.

### 4.3 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E MORFOLÓGICAS DO SOLO

Com o objetivo de avaliar as características de pH e umidade dos solos das áreas estudadas, coletou-se solo em cada uma das parcelas, e as parcelas dos mesmos tratamentos foram misturadas para formarem uma amostra composta de solo, para melhorar a representabilidade das áreas, onde, posteriormente foi encaminhado a um laboratório de análises química.

Para a análise da morfologia dos agregados utilizou-se a metodologia descrita por Velásquez et al. (2007), utilizando uma classificação visual para a morfologia dos agregados. Para tanto, foram amostrados três blocos de 10 x 10 x 10 cm de profundidade em cada parcela. Os blocos coletados foram acondicionados em sacos plásticos e analisados em laboratório, onde foram desestruturados delicadamente, separando e classificado os agregados em seis categorias: AB - Agregado Biogênico; AF - Agregado Físico; AR - Agregado de Raiz; MO - Material Orgânico; SSA - Solo sem Agregação; P - Pedras.

Para determinação da porosidade total e densidade, amostras de solo com estrutura preservada em anéis volumétricos (50 cm<sup>3</sup>) foram coletadas a 0- 0,10m, em cinco repetições em cada parcela de estudo, para determinação da porosidade total calculada obtida pelo método da saturação da amostra por 48h e, posteriormente, determinou-se a densidade aparente, pela obtenção do peso seco do solo (estufa a 105-110°C por 48 horas ) em volume conhecido (Embrapa, 1997).

### 4.4 ENSAIO DE COMPORTAMENTO DE FUGA COM MINHOCAS

Com objetivo de avaliar os efeitos do solo onde se cultiva *P. Elliottii* para as minhocas, o solo foi avaliado em ensaio de comportamento de fuga de acordo com a norma ABNT NBR/ISO 17512-1 (ABNT, 2011). O ensaio foi realizado em caixas de plástico com duas sessões, preenchidas de um lado com solo-teste e do outro com solo-controle, e adicionando-se dez minhocas adultas no centro de cada caixa. Foram avaliadas combinações entre o solo do plantio de pinus e as demais áreas de estudo (araucária e mata nativa), e também foi realizada uma comparação entre o solo do plantio de pinus com o solo artificial tropical (SAT) descrito por Garcia (2004), usando como solo controle laboratorial. Foram avaliadas as seguintes

combinações de tratamentos: *P. elliotii* (teste) X Mata Nativa (controle), *P. elliotii* (teste) X *Araucaria angustifolia* (controle) e *P. elliotii* (teste) X SAT (controle), e para cada combinação foram avaliadas cinco replicatas (Figura 3).

**Figura 3** - Replicatas do ensaio de comportamento de fuga com minhocas, apresentando o aspecto das caixas com o solo das áreas de estudo: (A) Combinação Solo Artificial Tropical X *P. elliotii*; (B) Combinação Mata Nativa X *P. elliotii*; (C) Combinação *A. angustifolia* X *P. elliotii*



Fonte: Autor

O ensaio foi incubado a  $20 \pm 1$  °C, por um período de 48 horas. Após o período de exposição, registrou-se o número de minhocas no solo-teste e no solo-controle em cada replicata. Realizou-se também um ensaio controle ou *dual test*, usando-se solo controle em ambos os lados da caixa para verificar a distribuição aleatória das minhocas na caixa-teste quando temos o mesmo solo nas duas metades da caixa.

#### 4.5 ENSAIO DE REPRODUÇÃO DE COLÊMBOLOS

Com o objetivo de avaliar os efeitos do solo onde se cultiva *P.elliotii* para os organismos da mesofauna edáfica, realizou-se o ensaio de reprodução com colêmbolos da espécie *F. candida*, de acordo com a Norma ABNT NBR/ISO 11267 (ABNT, 2011). No ensaio foram avaliados os solos dos plantios de *P. elliotii*, Mata Nativa e Araucária, usando-se o SAT como controle. Cada replicata, composta de um recipiente plástico com capacidade para 125 mL e uma tampa, recebeu 30 g de solo e dez colêmbolos com idade entre 10 e 12 dias. O ensaio foi realizado em cinco replicatas e permaneceu incubado à temperatura de  $20 \pm 1$  °C durante 28 dias. Os colêmbolos foram alimentados no 1º e no 14º dia com fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*). Ao final deste período, adicionou-se água e tinta de caneta (Figura 4), possibilitando o registro fotográfico dos juvenis e posteriormente

contou-se os organismos utilizando o programa ImageJ® descrito por Rasband (1997).

**Figura 4** - Ensaio de reprodução com colêmbolos *Folsomia candida*, onde adicionou-se água e tinta de caneta para realização da contagem dos indivíduos.

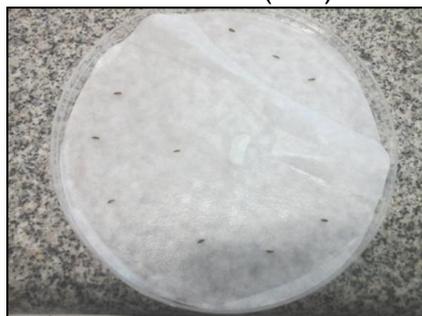


Fonte: Autor

#### 4.6 ENSAIO DE GERMINAÇÃO COM LIXIVIADO

Com o objetivo de avaliar a existência de efeitos alelopáticos das substâncias produzidas pelo *P.elliottii* no solo superficial, realizou-se o ensaio de germinação com o alface (*L. sativa*) utilizando o solo superficial do cultivo. Para o ensaio de germinação, elaborou-se o lixiviado dos solos de plantio de *P. elliottii*, área da mata nativa e plantio de Araucária adicionando-se 1000 mL de água destilada em uma coluna com 300 g de solo fresco, com uma tela na extremidade final para evitar a passagem de solo. Recolheu-se o lixiviado após 30 minutos de percolação. A germinação de *L. sativa* (alface) foi avaliada incubando-se 10 sementes em cada placa de petri com 150 mm de diâmetro (em triplicata) com um filtro umedecido com o lixiviado (Figura 5). Sendo os tratamentos o lixiviado do plantio de *P. elliottii*, plantio de *A. angustifolia* e mata nativa, onde a água destilada foi a testemunha.

**Figura 5** - Placa de petri com o lixiviado e as 10 (dez) sementes de alface.



Fonte: Autor.

O tempo de exposição foi de 72 h em incubadora a 20 °C. Após este período, avaliou-se a porcentagem de germinação utilizando-se a seguinte equação:  $G(\%) = N/A \cdot 100$ , onde (G) é a porcentagem de germinação, N é o número de sementes germinadas e A é o número total de sementes colocadas para germinar.

#### 4.7 AMOSTRAGEM DE MINHOCAS POR MONÓLITOS

Para a amostragem das minhocas foi utilizado o método TSBF (Biologia e Fertilidade de Solos Tropicais), descrito por Anderson e Ingram (1993). Esse método se baseia na escavação de um monólito de 30 X 30 X 20 cm. Foi coletada a serrapilheira presente no solo em sacos plásticos, esta serrapilheira coletada foi utilizada para a avaliação da comunidade de invertebrados (Item 4.8) e após a retirada da serrapilheira, foi realizado a escavação a 20 cm de profundidade. Em cada parcela escavou-se três monólitos. Com o auxílio de uma enxada e uma pá, foi retirado o solo e o mesmo foi colocado em bandejas plásticas brancas onde foi realizado a triagem manual imediatamente (Figura 6). As minhocas encontradas foram colocadas em frascos com álcool 97% e posteriormente enviadas à Prof. Dra. Marie C. Bartz (Universidade Positivo, Paraná) para a identificação.

**Figura 6** - (A) - Retirada da serrapilheira presente no solo e colocou-as em sacos plásticos; (B) - Escavação do monólito TSBF, onde o solo é retirado e é realizada uma triagem manual em bandeja branca.



Fonte: Autor

#### 4.8 AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE DE INVERTEBRADOS DA SUPERFÍCIE DO SOLO

Para a avaliação da comunidade de invertebrados da superfície do solo, foi utilizado duas metodologias: a amostragem por armadilhas *pitfalls* e a análise da serrapilheira utilizando o funil de Berlese-Tullgren.

O método de coleta através de armadilhas *pitfalls* consistiu na utilização de copos plásticos, com capacidade de 500 mL, que foram enterrados ao nível do solo através da escavação de um buraco com o auxílio de uma pá. Dentro do recipiente de plástico adicionou-se 150 mL de álcool a 50% para conservar os organismos e uma gota de detergente para quebrar a tensão superficial da água. Em seguida, o recipiente foi coberto para evitar entrada de água da chuva. Para a cobertura, foi utilizado um prato plástico sustentado por três palitos de churrasco (Figura 7).

**Figura 7** - Armadilha *pitfall* montada em uma das áreas de estudo.



**Fonte:** Autor.

Em cada parcela foram colocadas três armadilhas, que ficaram expostas a campo no período de sete dias. Após este período o conteúdo da armadilha foi transferido para recipientes plásticos etiquetados, levados ao laboratório e filtrados utilizando lenço umedecido, possibilitando a transferência do material coletado para recipientes com álcool a 70% para subsequente análise. Posteriormente, foi realizada a separação ao nível de Ordem e morfoespécie e registrando-se riqueza e abundância dos grupos.

O outro método analisou a serrapilheira que foi coletada no método TSBF. A serrapilheira foi levada ao laboratório logo após a coleta e colocada no funil de Berlese-Tullgren para a extração dos invertebrados. O funil de Berlese-Tullgren que foi utilizado é um modelo alternativo descrito por Rodrigues et al. (2008), composto por um conjunto de lâmpadas incandescentes (40 watts de potência), garrafas

plásticas com capacidade para cinco litros e um recipiente plástico acoplado em cada garrafa, contendo álcool 70%, conforme Figura 8. O período de exposição foi de quatro dias, durante os quais os invertebrados migraram para o recipiente com álcool 70% para posterior análise.

**Figura 8** - Funil de Berlese-Tullgren alternativo.



**Fonte:** Autor.

Para as amostras obtidas a partir de ambos os métodos, após a separação e contagem dos organismos, avaliaram-se a Riqueza e abundância de cada Ordem, o Índice de Diversidade de Shannon- Weaver (Fórmula 1) para a comunidade e o Índice Uniformidade de Pielou (Fórmula 2).

**Fórmula 1** - Fórmula utilizada para calcular o Índice de diversidade de Shannon- Weaver.

$$H' = \frac{\left[ N \ln(N) - \sum_{i=1}^S n_i \ln(n_i) \right]}{N}$$

Em que:

H' = Índice de Shannon-Weaver

ni=Número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie.

N=número total de indivíduos amostrados.

S=número total de espécies amostradas.

ln=logaritmo de base neperiana.

**Fórmula 2** - Fórmula utilizada para calcular a Equabilidade de Pielou.

$$J = \frac{H'}{H \max.}$$

Em que:

$H_{\max} = \ln(S)$ .

J = Equabilidade de Pielou

S = número total de espécies amostradas.

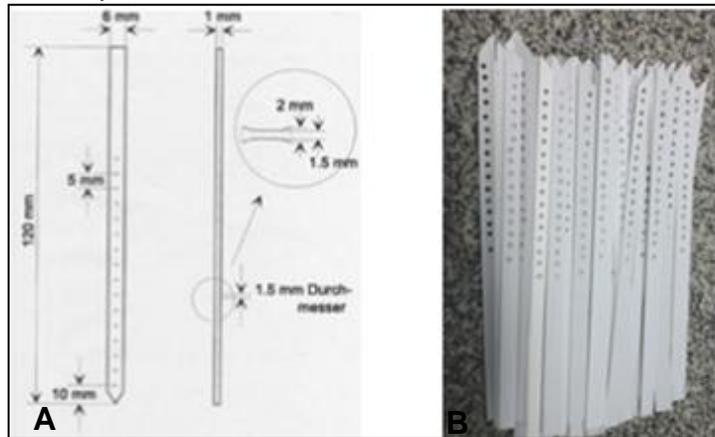
H' = índice de diversidade de Shannon-Weaver

As amostras de serrapilheira, após extração da fauna no funil de Berlese, foram secas em estufa a 60°C até atingir o peso constante. Em seguida as amostras foram pesadas em balança semi-analítica para determinar o peso seco de folhiço em cada parcela amostrada.

#### 4.9 ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA DO SOLO MÉTODO DE *BAIT-LAMINA*

O método de *bait-lamina* (Lâmina-isca) desenvolvido por Von Torne (1990) e padronizado pela norma ISO/TC DIS 190/SC 4 N/2012 (ISO, 2012), consiste na utilização de lâminas plásticas com 6 mm de comprimento e 1 mm de espessura, contendo 16 orifícios, cada um com 2 mm de diâmetro e a distância entre eles de 5 mm (Figura 9):

**Figura 9** - (A) - Ilustração da lâmina utilizada como modelo; (B) - Lâmina de plástico alternativa, confeccionada pelos autores com PVC.



Fonte: VON TORNE, 1990.

Cada orifício da lamina foi preenchido com uma mistura orgânica contendo 70% de celulose, 27% de farinha de trigo e 3% de carvão ativado, que serve de isca para os invertebrados. O princípio do método é que o consumo da isca é proporcional à atividade alimentar da fauna do solo.

Os *bait-lamina* foram enterrados no solo até que todos os orifícios estivessem completamente cobertos. Utilizou-se ao total 288 *bait-lamina*, distribuídos entre as parcelas. Cada área estudada foi dividida em três parcelas e em cada parcela instalou-se 32 *bait-lamina*. Sendo que, distribui-se as 32 lâminas em grupos de oito, essas oito iscas foram divididas em duas colunas de quatro lâminas, com uma distância de um palmo entre elas. A localização das iscas foi demarcada com fita zebra para facilitar a localização.

As lâminas permaneceram a campo durante 14 dias. Ao final deste período foram removidas e analisadas visualmente contra a luz, contabilizando-se os orifícios vazios onde a isca foi consumida. Quantificou-se a atividade alimentar da fauna do solo considerando a porcentagem de orifícios vazios ao final do tempo de exposição.

#### 4.10 ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados do ensaio de fuga foram avaliados com o teste exato de Fisher, comparando-se o número de organismos encontrados no solo-teste com o número de organismos encontrados no solo-controle ( $p < 0,05$ ). Os resultados da morfologia do solo e a abundância dos indivíduos coletados pelo método de armadilhas *pitfalls* e funil de Berlese-Tullgren foram analisados através da Análise multivariada de componentes principais, utilizando o software livre "R" e o pacote de dados *ade4*, seguido da Análise de Variância (ANOVA) utilizando o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os demais parâmetros analisados foram avaliados usando Análise de Variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), comparando-se os valores obtidos no solo com plantio de *P. elliotii* com a Mata Nativa e com a plantio de *A. angustifolia*.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E MORFOLÓGICAS DO SOLO

#### 5.1.1 Análise química

Os resultados de pH e umidade dos solos coletados são apresentados na Tabela 3. De acordo com as classes de interpretação de acidez do solo (ALVAREZ et al., 2012) os resultados indicam que os solos das áreas de *P. elliotii*, *A. angustifolia* e mata nativa são todos considerados com a acidez muito elevada. Os valores de pH foram semelhantes entre as áreas, sendo um pouco menores nas área de araucária e pinus, respectivamente.

Os resultados da análise de umidade indicaram diferenças significativas entre a área de *P. elliotii* em relação a área de *A. angustifolia* e mata nativa.

**Tabela 3** - Resultados do pH em água e da umidade dos solos das áreas de *P. elliotii*, *A. angustifolia* e mata nativa. Letras iguais indicam que não houve diferença estatística significativa na ANOVA seguida do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Análise	Mata Nativa	<i>P. elliotii</i>	<i>A. angustifolia</i>
pH (H <sub>2</sub> O)	3,9 <sup>a</sup>	3,77 <sup>a</sup>	3,67 <sup>a</sup>
Umidade (%)	62,34 <sup>a</sup>	51,47 <sup>b</sup>	63,52 <sup>a</sup>

Fonte: Autor

Mafera et al., (2008), ao comparar o pH em água de uma área de campo nativa, plantio de *A. angustifolia*, plantio de *P. taeda* e mata nativa, também não encontrou diferença significativa entre os valores encontrados, onde o pH entre as áreas variou de 4,5 a 5,3. Porém, mesmo assim, o local onde havia o plantio de pinus teve os menores valores de pH, e a área com plantio de *A. angustifolia* os maiores valores, entretanto, os autores destacaram que na área de plantio de *A. angustifolia* foi realizada uma calagem em 1980, e isto pode ter influenciado nos valores encontrados.

Segundo Lepsch (1980), a implantação de reflorestamentos podem afetar as propriedades químicas do solo, e isto devido ao tempo de cultivo, reduzindo as bases trocáveis, que de acordo com Haag et al., (1978) reflete no aumento de alumínio tóxico, o que conseqüentemente interfere no valor do pH.

Para Silva (2007), os solos onde são cultivados o gênero *Pinus* possuem maior acidez devido as características químicas do resíduo vegetal depositado na

serrapilheira. Barreto et al., (2006), ao comparar os valores de pH de um fragmento florestal da Mata atlântica, cultura de cacau e pastagem, encontrou o menor valor de pH no fragmento de floresta, ou seja, em comparação com as outras áreas o solo da mata apresentou maior acidez.

Entretanto, deve-se destacar que em sistemas agrícolas são incorporados corretivos e adubos químicos ao solo, e na mata nativa não há adição de nenhum tipo de insumo externo. A produtividade de uma floresta é determinada pela ciclagem de nutrientes, através dos organismos edáficos presentes no solo, que decompõem a matéria orgânica e disponibilizam os nutrientes as plantas. Durante a decomposição da serrapilheira à liberação de ácidos orgânicos, o que pode influenciar na característica ácido de um solo florestal (ALEXANDER; CRESSE, 1995).

De acordo com Pritchett; Fisher (1987), alterações da acidez de um solo é inerente ao conteúdo de bases na serrapilheira. Sendo assim, os autores destacam que solos sob coníferas possuem uma tendência de serem mais ácidos do que sob folhosas, justamente pelo menor conteúdo de bases nas folhas e na serrapilheira destas espécies. Fato este, que foi observado por Melo e Reck (2006), que encontraram os menores valores de pH em uma área onde foi plantado *Pinus*, em comparação com uma área onde foi plantado eucalipto. Desta forma, podemos destacar que a espécie vegetal presente é uma das possíveis causas da modificação da acidez do solo.

Osaki (2008), ao comparar a porcentagem de umidade de um solo com plantio de *P. taeda* e um ecossistema de floresta nativa se deparou com resultados semelhantes ao encontrado, onde a floresta nativa apresentou a maior porcentagem de teor de umidade.

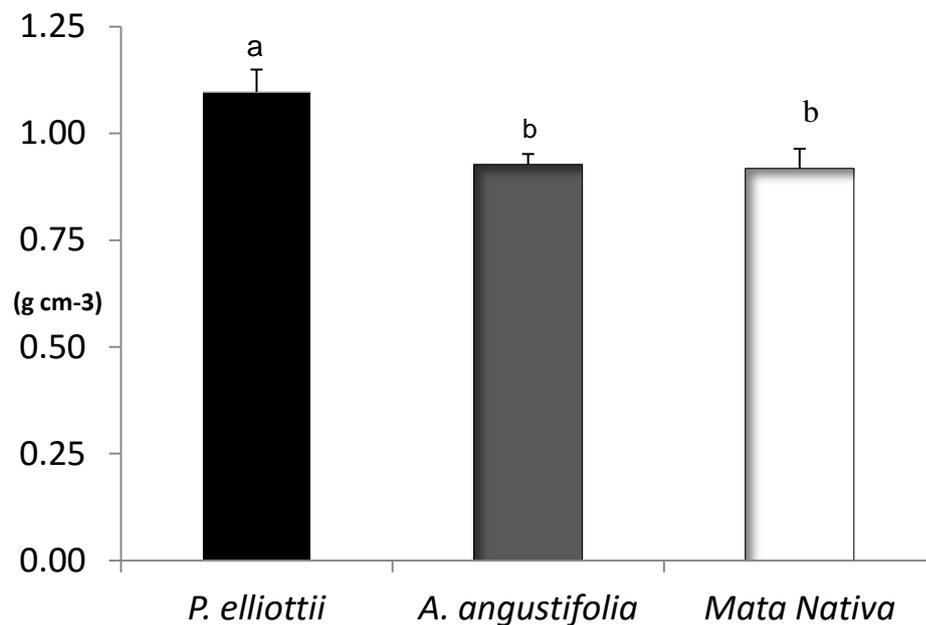
A umidade do solo é uma característica importante para o crescimento das plantas, isso pela disponibilização de água, mobilização e absorção dos nutrientes e pela influência na atividade da fauna edáfica (RIGATTO, 2002). A fauna edáfica é influenciada pela umidade do solo, pois cada grupo de organismos possui um teor de umidade que é mais adequado ao seu desenvolvimento. Neste caso, se houver um excesso de umidade no solo a maioria dos organismos aeróbicos morrem, restando apenas algumas poucas espécies que são resistentes. Como por exemplo, algumas espécies de oligoquetas são resistentes à umidade, conseguindo sobreviver até 50 semanas em solos totalmente submersos, desde que, os mesmos

estejam arejados. Entretanto, de forma geral, as espécies preferem solos simplesmente úmidos, e quando o solo desseca os mesmos percorrem para as camadas mais fundas (REICHERT, 2009). Como o teor de umidade foi diferente entre as áreas, esta pode ser umas das possíveis explicações para as diferenças observadas na composição das espécies.

### 5.1.2 Densidade aparente e porosidade total

Os resultados da análise da densidade aparente são apresentados na Figura 10. Pode-se observar que houve uma diferença estatisticamente significativa para a área com plantio de *P. elliottii*, onde a mesma apresentou o maior valor de densidade aparente. Os valores encontrados foram 1,097 g/cm<sup>3</sup>, 0,927 g/cm<sup>3</sup> e 0,918 g/cm<sup>3</sup> nas áreas de *P. elliottii*, *A. angustifolia* e mata nativa, respectivamente.

**Figura 10** - Densidade aparente do solo (média  $0,98 \pm 0,041$  desvio padrão) nas três áreas de estudo. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas na ANOVA seguida do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



Fonte: Autor

A densidade aparente é uma importante propriedade física do solo, através dela pode-se analisar a condição estrutural, compactação, manejo e conservação do solo. Propriedades como drenagem, condutividade hidráulica, permeabilidade, retenção de água, porosidade, entre outras podem ser avaliadas a partir da

densidade aparente (TEIXEIRA FILHO; SANTOS, 2014) associada à porosidade do solo, onde acontecem os processos dinâmicos do ar e da solução do solo (HILLEL, 1972).

Conforme Kiehl (1979), quanto maior for o valor da densidade aparente encontrada em um solo, maior será sua compactação, menor será a sua estruturação e sua porosidade total. Entretanto, estes valores encontrados não são considerados restritivos ao desenvolvimento de espécies vegetais, como as arbóreas, mesmo na área sob *P. elliottii*, pois segundo Jorge (2012), entre os fatores que influenciam os valores da densidade estão o material constituinte do solo, o sistema de manejo e o tipo de cobertura vegetal.

Wendling et al., (2012), encontraram valores semelhantes de densidade em área de cultivo de *Pinus*, variando de 0,98 a 1,04 g/cm<sup>3</sup>. Segundo o mesmo autor, áreas que possuem uma menor intensidade de manejo e interferência antrópica tendem a possuir menores valores de densidade do solo. Viana et al., (2011), ao comparar a densidade de áreas de uma área mata nativa com área de pastagem, mandioca e cana-de-açúcar, encontrou os menores valores de densidade na área de mata nativa, resultados estes semelhantes ao encontrados.

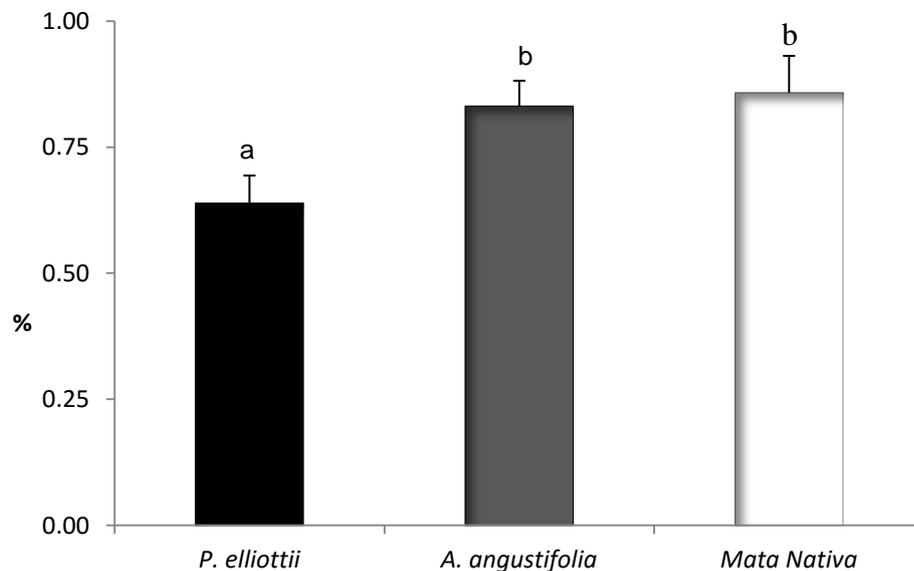
A alta densidade aparente muitas vezes é relacionada com a compactação do solo devido ao trânsito de máquinas pesadas. Porém, as áreas estudadas estão a aproximadamente 31 anos sem nenhuma intervenção. Assim, Costa et al., (2003), destaca que o aumento na densidade do solo em superfície nos sistemas florestais, podem estar relacionadas ao tempo de utilização da área, a arquitetura do sistema radicular, a pouca cobertura do solo durante o período inicial de crescimento das plantas e as condições de umidade do solo no preparo e plantio das mudas.

Gomes et al.,(2013), ao comparar a densidade na camada superficial do solo em área sob plantio de *Pinus* na segunda rotação, área sob plantio de *Pinus* na segunda rotação desbastado e área de mata nativa, encontrou valores significativos para a área de *Pinus* na segunda rotação, sendo que os valores encontrados na área de mata nativa foram os menores. Segundo o autor, a menor densidade na área de pinus na segunda rotação desbastado em relação a outras áreas de pinus é devido a contribuição do sistema radicular do sub-bosque formado pela maior incidência de luz solar no sistema. Segundo Gomes et al., (2013), os menores valores de densidade encontrado em áreas de mata nativa são esperados, pelo fato

das atividades de implantação e manejo que ocorrem em áreas cultivadas e também à maior presença de raízes sob o solo de mata.

Conseqüentemente, para os resultados de porosidade total, ilustrados na Figura 11, a área com plantio de *P. elliotii* apresentou o menor valor, o que já era esperado devido ao fato de que quanto maior for a densidade aparente, menor será sua porosidade total.

**Figura 11** - Porosidade total do solo (média  $0,78 \pm 0,06$  desvio padrão) nas três áreas de estudo. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas na ANOVA seguida do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



**Fonte:** Autor

Bertol (2004) destaca que a porosidade é influenciada pelo manejo do solo e, em contraponto, pela alteração na densidade. A implicação de se ter um solo com baixa porosidade, é que essa propriedade afeta a fertilidade, a drenagem, absorção de nutrientes, penetração das raízes, aeração, entre outros componentes importantes para o desenvolvimento das plantas (LETEY, 1985).

Sperandio et al.,(2013), encontraram valores elevados de porosidade total na área de mata nativa, comparando-a com uma área de pastagem e uma área com cultivo de café, atribuindo isso ao ambiente pouco perturbado e mais protegido de intempéries.

No estudo realizado por Wendling et al., (2012), os valores de porosidade total encontrado em solo sob plantio de *Pinus* também se relacionaram com a densidade encontrada, onde conforme a densidade se apresentou alta a porosidade

total do solo se apresentou baixa. O que explica os resultados encontrados neste estudo, onde a área de *P. elliotii*, que apresentou os maiores valores de densidade aparente também foi a área que apresentou a menor porosidade total do solo, demonstrando assim, a ligação entre as duas propriedades físicas do solo.

### 5.1.3 Morfologia dos agregados do solo

As médias dos valores obtidos dos atributos morfológicos analisados estão descritos na Tabela 4, onde observou-se diferença estatística significativa na quantidade de agregados biogênicos (AB) e solo sem agregação (SSA), sendo a área de *A. angustifolia* a que apresentou a maior quantidade de AB e a área de plantio de *P.elliotii* a que apresentou a maior quantidade de SSA. Entre os demais atributos não foi observado diferença estatística significativa.

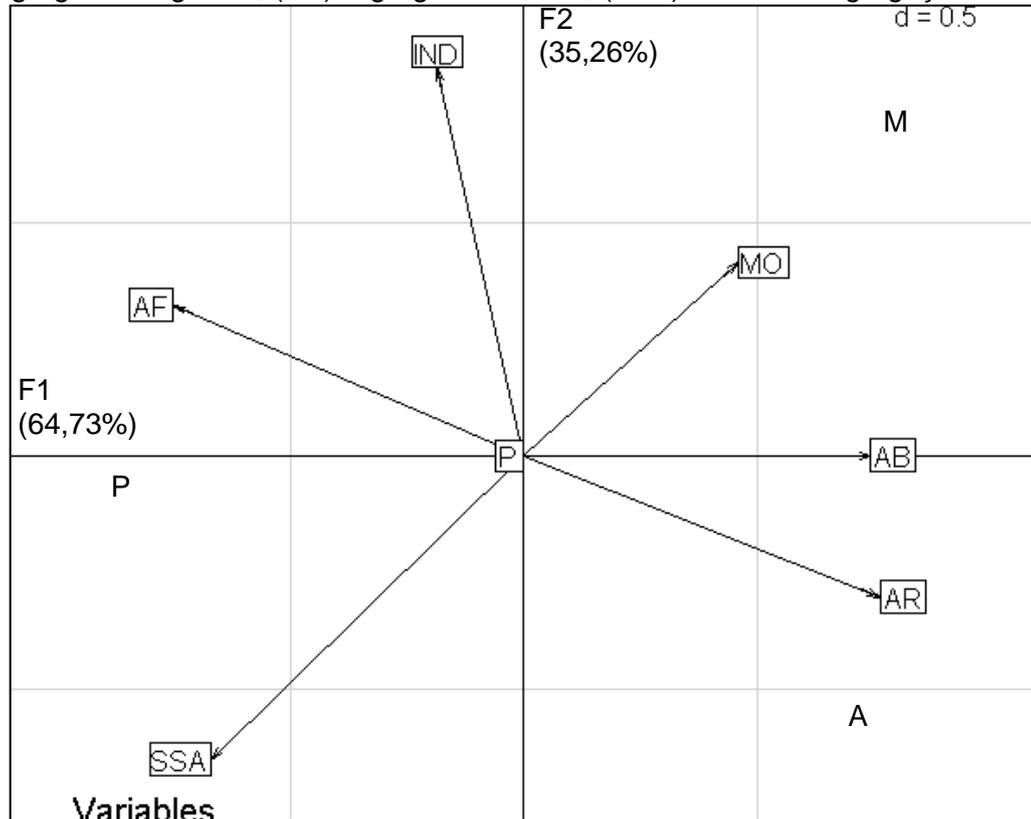
**Tabela 4** - Médias dos resultados da morfologia dos agregados do solo em gramas (g). Asteriscos indicam que houve diferença estatística significativa na ANOVA seguida do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

<b>Agregados</b>	<b>Mata Nativa</b>	<b><i>P. elliotii</i></b>	<b><i>A. angustifolia</i></b>
AB	221,78	231,88	480,61 *
AF	9,01	16,78	0,00
AR	68,95	34,46	112,21
MO	20,25	15,28	17,38
SSA	554,34	625,26 *	564,53
P	0,00	0,00	0,00
IND	8,33	1,33	2,67

Fonte: Autor.

A distribuição dos atributos morfológicos em relação às áreas analisadas pode ser observada na Figura 12, onde os agregados biogênicos (AB) e os agregados de raiz (AR) se relacionaram mais com a área de plantio de *A. angustifolia*. Ao relacionar as áreas com a quantificação do material orgânico (MO), foi encontrado o maior teor na mata nativa. A área onde foi encontrada maior presença de agregados físicos (AF) e maior quantidade de solo sem agregação (SSA) foi na de plantio de *P. elliotii*, e maior agregação do solo foi encontrada nas áreas de mata nativa e de plantio de *A. angustifolia*.

**Figura 12.** Análise multivariada dos componentes principais para a morfologia dos solos nos três diferente usos da terra. (P): *P.elliottii*; (N): Mata Nativa; (A): *A. angustifolia*. (AF): Agregado Físico; (IND): Indivíduos da meso e macrofauna encontrados durante a análise de agregados que não foram determinados na análise; (P): Pedras; (MO): Material Orgânico; (AB): Agregado Biogênico; (AR): Agregado de Raiz; (SSA): Solo sem agregação.



Fonte: Autor

Os agregados biogênicos são aqueles formados pelas minhocas, formigas, e cupins através de suas atividades, formando em seu sistema agregados de melhor qualidade devido a maior estabilidade (SILVA NETO et al., 2010), já os agregados de raiz são aqueles relacionados as raízes das plantas.

Segundo Lima et al., (2008), a estabilidade dos agregados muitas vezes é atribuído à maior quantidade de matéria orgânica e raízes, que contribuem para a aproximação das partículas do solo.

No presente estudo, ao comparar as áreas com a quantificação do material orgânico (MO), foi encontrado o maior teor na mata nativa. Andrade et al., (2012), também encontrou maiores teores de material orgânico em área de mata nativa. Um dos fatores pode ser o sub-bosque bem desenvolvido e a alta diversidade de espécies que ao cair suas folhas contribuem para o aumento do material orgânico no solo.

A área onde encontrou-se maior presença de agregados físicos (AF) e maior quantidade de solo sem agregação (SSA) foi no plantio de *P. elliottii*. Os agregados

físicos são formados por processos físico-químicos ou processos bacterianos, compreendidos por formas geométricas e quebradiças, ou seja, agregados menos estáveis. O que também pode estar relacionado à menor quantidade de material orgânico encontrado nesta área.

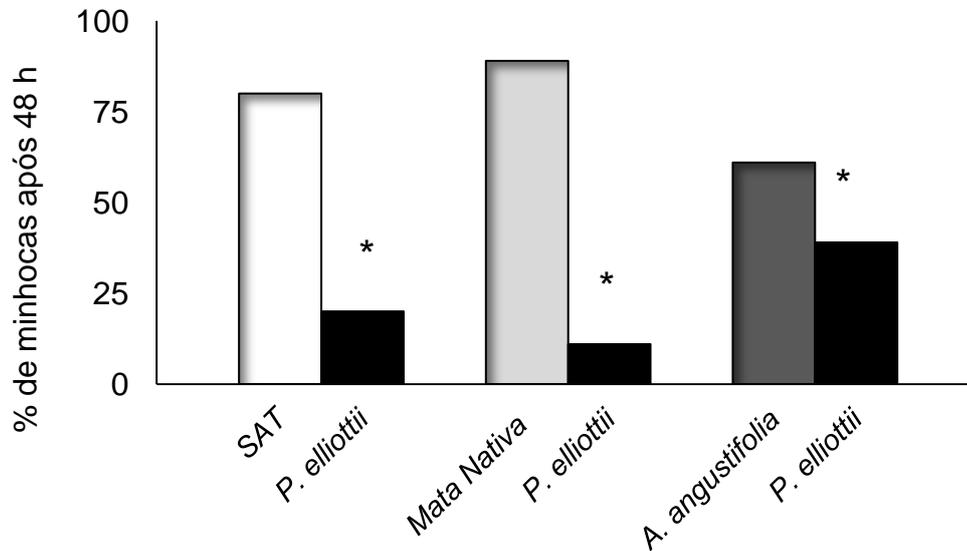
A maior agregação do solo encontrada na área de mata nativa e plantio de *A. angustifolia* em relação ao plantio de *P. elliotii*, pode estar relacionada à maior atividade dos organismos edáficos nestas áreas (SIX et al., 1998).

Os atributos do solo possuem enorme relação com o material orgânico. O seu conteúdo influencia a estrutura, estabilidade dos agregados, infiltração e retenção de água, resistência a erosão, densidade aparente, entre outras (BRUN, 2008).

## 5.2 ENSAIO DE COMPORTAMENTO DE FUGA

Os resultados do ensaio de comportamento de fuga com minhocas da espécie *E. andrei* mostraram que na combinação SAT (Solo Artificial Tropical) X *P. elliotii*, 80% das minhocas foram encontradas na fração que continha o SAT. Já na combinação Mata Nativa X *P. elliotii*, 89% dos organismos foram encontrados na seção com solo da Mata Nativa. E confrontando o solo da área com plantio de *Araucaria angustifolia*, observou-se também efeito de fuga, onde apenas 39% das minhocas encontravam-se na seção que continha o solo da área com plantio de *Pinus elliotii*, conforme pode-se observar na Figura 13.

**Figura 13** - Porcentagem de minhocas no solo teste e no solo controle de cada uma das combinações após 48 h de exposição. Asteriscos indicam diferenças estatisticamente significativas no teste exato de Fisher ( $p < 0,05$ ).



**Fonte:** Autor

Os resultados encontrados no ensaio de comportamento de fuga com as minhocas mostraram que na combinação SAT (Solo Artificial Tropical) X *P. elliotii*, 80% das minhocas foram encontradas na fração que continha o SAT. Já na combinação Mata Nativa X *P. elliotii*, 89% dos organismos foram encontrados na seção com solo da Mata Nativa. E confrontando o solo da área com plantio de *A. angustifolia*, observou-se também efeito de fuga, onde apenas 39% das minhocas encontravam-se na seção que continha o solo da área com plantio de *Pinus elliotii*.

No protocolo da ISO 14512-1 (2007), diz que quando a resposta de fuga for superior a 80% considera-se o solo como tóxico ou como de baixa qualidade, caracterizando-o como um solo com função de habitat limitada.

No caso estudado, como não se trata de um contaminante químico, mas do solo em questão, o efeito de fuga encontrado retrata a perda da função de habitat do solo para estes organismos.

O fato das minhocas repelirem o solo com plantio de *P. elliotii* remete as mesmas a grande sensibilidade de percepção as modificações da qualidade do solo, por isso são extremamente utilizadas como bioindicadores da qualidade ambiental. Uma das possíveis explicações pode-se dar pelo fato da grande quantidade de acículas acumuladas na serrapilheira do solo, que ao longo do tempo e durante a sua decomposição podem alterar as características do solo pela diminuição do pH

ou inserção de compostos químicos, o que parece ser o caso no presente estudo, já que o pH das áreas foi semelhante.

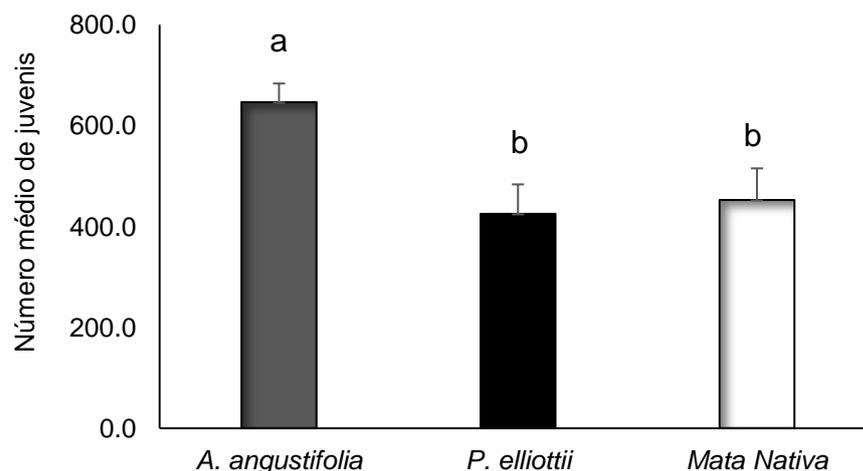
Porém, não se encontrou estudos específicos sobre a alteração na qualidade do solo e na sua função de habitat que avalie o efeito causado pelos monocultivos utilizando o teste de comportamento de fuga com minhocas como parâmetro de análise. Muitas destas avaliações se baseiam no estudo da riqueza, abundância e diversidade de Shannon nas áreas cultivadas.

### 5.3 ENSAIO DE REPRODUÇÃO COM COLÊMBOLOS (*Folsomia candida*)

A reprodução no solo artificial cumpriu o critério de validação do ensaio, atingindo um número médio de 275,8 ( $\pm$  81,9) juvenis.

A reprodução nos solos avaliados foi significativamente maior no solo do plantio de *A. angustifolia* 646,2 ( $\pm$  37) do que no solo do *P.elliottii* 424,8 ( $\pm$  58,4) e da mata nativa 452,2 ( $\pm$  62,7). Os resultados do ensaio de reprodução com colêmbolos são apresentados na Figura 14.

**Figura 14** - Número de juvenis de colêmbolos da espécie *F. candida* (média 449,8  $\pm$  60,00 desvio padrão) após 28 dias de exposição. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas na ANOVA seguida do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



**Fonte:** Autor

Steffen; Antonioli; Steffen (2007), ao estudarem a resposta de diferentes substratos para reprodução de colêmbolos nativos, utilizaram amostras de solo coletadas em área com pomar de citrus e bosque de pinus, e constataram que o

solo pertencente a área de citrus proporcionou melhores condições para a reprodução dos colêmbolos. Os autores destacam que possivelmente este resultado por estar relacionado ao fato do pH do solo da área de citrus estar mais próximo da neutralidade. Pois, a deposição da serrapilheira de pinus pode ao longo do tempo, modificar as características do solo, como por exemplo, ocasionando a diminuição do pH (POGGIANI et al., 1996).

Além da relação da acidez do solo, outro fator importante e muitas vezes limitante para o desenvolvimento de organismos edáficos no ambiente é o tipo de cobertura vegetal, onde, as florestas nativas possuem maior heterogeneidade de hábitat, e isso proporciona estrutura para suportar maior diversidade de organismos (SOUSA et al, 2004).

Baretta et al., (2008), ao estudar o potencial da diversidade de famílias de colêmbolos como bioindicadores da qualidade do solo em áreas com araucárias naturais e reflorestadas, impactadas ou não por queima acidental, concluiu que a floresta nativa de araucária proporciona melhores condições edáficas para o desenvolvimento destes organismos em relação a áreas que tiveram maiores interferências antrópicas.

Embora a floresta de araucária em questão tratar-se de um plantio, de acordo com as informações disponibilizadas no plano de manejo da Flona de Três Barras, o plantio sofreu um desbaste em 1977 e outro em 1984, ou seja, fazem 31 anos que o plantio não sofre nenhuma intervenção humana. O sub-bosque presente no plantio encontra-se bem desenvolvido, proporcionando um ambiente diversificado, com diferentes tipos de cobertura vegetal, tendo características de uma floresta de araucária natural.

Outro fatores que influenciam os organismos do solo são fatores climáticos, tipo de manejo das florestas, histórico das áreas, condições químicas e microbiológicas do solo, a quantidade e qualidade da serrapilheira presente, que interferem na condição de um ambiente mais ou menos favorável para o desenvolvimento das populações de invertebrados do solo (CHAUVAT et al., 2003; PONGE et al., 2003; CUTZ-POOL et al., 2007 apud BARETTA et al., 2008).

Os colêmbolos necessitam de alimentos para viver, essencialmente carbono e nitrogênio que podem ser encontrados na palhada das plantas e no estercó de animais. Assim, os ambientes mais apropriados para a reprodução e sobrevivência

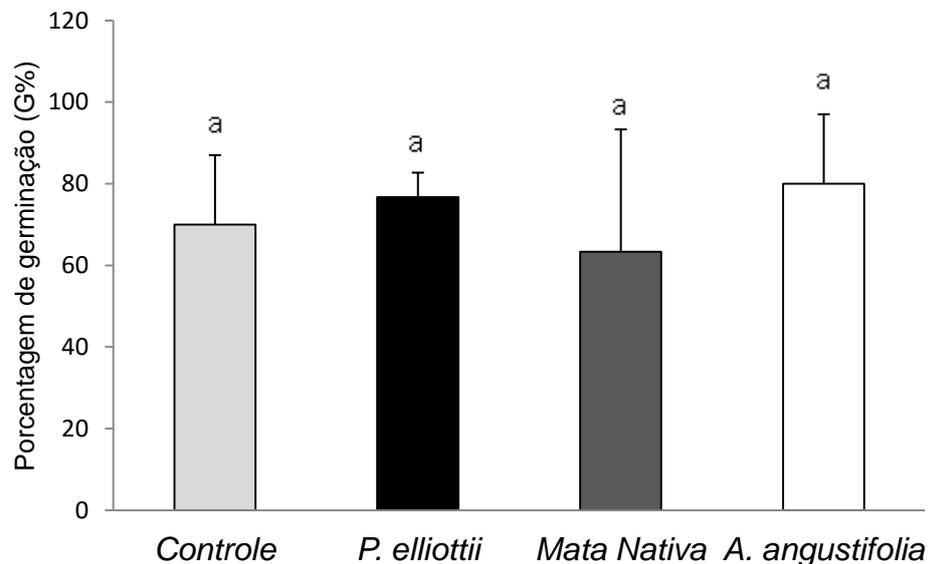
dos colêmbolos são aqueles que possuam um bom teor de matéria orgânica, que servem de alimento e energia (PAULUS et al., 2001).

Os plantios de pinus tendem a possuir grandes quantidades de serrapilheira acumulada, e a composição desta serrapilheira em grande parte são compostas pelas acículas do pinus. As acículas possuem ceras cuticulares e compostos polifenólicos que dificultam a sua decomposição, diminuindo a oferta de alimento para muitos organismos da fauna.

#### 5.4 ENSAIO DE GERMINAÇÃO COM LIXIVIADO

Não houve diferenças estatisticamente significativas na porcentagem de germinação da *L. sativa* (alface) em relação aos lixiviados das áreas analisadas quando comparadas entre si, nem quando comparadas ao controle laboratorial (água destilada) (Figura 15). Desta forma, não detectou-se efeito alelopático do lixiviado do solo com plantio *P. elliotii* sobre sementes de alface.

**Figura 15** - Porcentagem de germinação (média  $\pm$  desvio padrão) de sementes de alface submetidas aos lixiviados das áreas de *Pinus elliotii*, *Araucaria angustifolia* e mata nativa. Segundo a ANOVA seguida do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), não houve diferença significativa entre os tratamentos analisados.



Fonte: Autor.

Villavicencio et al., (2010), utilizando o extrato moído das acículas e serrapilheira de *Pinus taeda* em água destilada encontrou resultados contrários ao

encontrados no presente estudo, pois, de acordo com o autor os fenólicos hidrossolúveis extraídos possuem efeito alelopático nas sementes de *L. sativa*, causando efeito de inibição da germinação.

Enquanto que, Ferreira; Souza; Faria (2006), utilizando as folhas de *P. elliottii* secas e moídas e submetidas a três extrações sucessivas com etanol não encontrou efeito alelopático sobre a germinação da alface. Azevedo; Braga; Goi (2007), encontraram resultados semelhantes, destacando que o extrato de *P. elliottii* não causou efeito na germinação da Alface, embora, o autor tenha observado significativa redução em relação ao comprimento da raiz, quando comparado ao tratamento testemunha, que tratava-se apenas da utilização de água destilada.

Schwade et al., (2010), ao utilizar o extrato de acículas de *Pinus elliottii* triturado em liquidificador para avaliar a germinação, o desenvolvimento de radícula e do caulículo da *Avena strigosa* detectou efeito alelopático do extrato desenvolvido, principalmente no extrato feito a partir das acículas verdes.

Segundo experimentos com lixiviados *in vitro* indicaram que as acículas demoraram em torno de três meses para liberar a totalidade dos fenólicos hidrossolúveis (VILLAVICENCIO et al., 2010). Sendo talvez, um dos motivos de não se ter encontrado efeito alelopático, pois, utilizou-se o lixiviado do solo do plantio de *P. elliottii*, e as concentrações de fenóis presentes nas acículas são maiores que as presentes no solo, justamente pelo tempo que demora para liberar os fenóis das acículas.

## 5.5 RIQUEZA DE MINHOCAS NOS MONÓLITOS

Foram encontradas na amostragem pelo método TSBF, na área de mata nativa, um indivíduo da família Glossoscolecidae e um indivíduo da espécie *Urobenus brasiliensis*. Na área com *A. angustifolia*, encontrou-se um indivíduo de *Glossoscolex* sp2 e um indivíduo da família Glossoscolecidae (juvenil); e na área de *P. elliottii*, três adultos *Glossoscolex* sp2 e dois juvenis da família Glossoscolecidae.

Segundo Bartz et al., (2011), o gênero *Urobus* é considerado indicador de ecossistemas bem preservados, como por exemplo, matas nativas, e/ou também com densa camada de matéria orgânica superficial. E ainda, os autores destacam que a espécie *Urobenus brasiliensis* é frequentemente encontrada em florestas na região Sul e Sudeste do Brasil, e que a ausência dessa espécie em sistemas

cultivados pode ser devido à movimentação do solo e/ou à ausência de uma densa e diversificada camada de serrapilheira, pois, tais características são necessárias a sobrevivência desta minhoca.

De acordo ainda com uma matéria divulgada pela Revista Globo Rural (2015), na qual a bióloga Marie Bartz destaca que o gênero *Glossoscolex* está entre as cinco espécies de minhocas mais encontradas no Brasil, e que há ainda muitas espécies deste gênero sendo descobertas. São minhocas encontradas em áreas agrícolas onde o plantio direto é utilizado a muito tempo, ou ainda, em áreas que não tenham em seu histórico o cultivo convencional. Ou seja, áreas que não sofreram grande interferência antrópica.

De acordo com Rocha et al., (2013), os principais fatores que limitam a presença das minhocas em um ambiente são o tipo de cobertura vegetal, temperatura e umidade, tipo de solo, alterações naturais e principalmente as ocasionadas por atividades antrópicas, incluindo o manejo do solo e do ecossistema.

Embora não se saiba exatamente o histórico das áreas estudadas, sabe-se que ela tornou-se uma unidade de conservação em 1968, ou seja, fazem 47 anos que as áreas encontram-se sob proteção, e este fato faz toda a diferença em relação a outras áreas onde se realiza o cultivo do gênero *Pinus* spp., a conservação de uma área depende muito do tipo de manejo florestal adotado e dos cuidados que tem-se aos realizá-los.

Todas as minhocas encontradas nas áreas estudadas são nativas do Brasil. A ausência de espécies de minhocas exóticas no estudo indicam que as áreas sofreram pouco interferência humana. Brown (2006), destaca que a presença de espécies de minhocas exóticas em áreas nativas são um indicativo de impacto antrópico. Pois, Maschio; Brown (2011), ao realizarem um levantamento para avaliar a densidade e diversidade de minhocas em plantios de eucalipto observaram uma baixa densidade de espécies de minhocas nativas, o que eles relacionaram às alterações antrópicas impostas a esses ecossistemas.

## 5.6 AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE DE INVERTEBRADOS DA SUPERFÍCIE DO SOLO

No total foram coletados 1017 indivíduos, sendo que, 398 foram capturados pelas armadilhas *pitfalls* e 619 foram encontrados na serrapilheira através do método de extração funil de Berlese-Tullgren. Foram registrados um total de 13

grupos de organismos, entre ordens e classes de organismos da meso e macrofauna do solo, sendo em sua maioria representados por coleopteras, hymenopteras e aranhas. Através da avaliação da comunidade de invertebrados da serrapilheira do solo utilizando o método de Berlese-Tullgren foram coletados 619 indivíduos, destes, 17,6% na área de *P. elliotii*, 29,8% na área de *A. angustifolia* e 52,7% na área de mata nativa.

Na área de mata nativa foi onde encontrou-se a maior riqueza e abundância de indivíduos. A área de plantio de *A. angustifolia* apresentou a menor riqueza de espécies e o menor índice de diversidade de Shannon (H'), e o plantio de *P. elliotii* apresentou o maior índice de equidade de Pielou e índice de diversidade de Shannon. Porém, estatisticamente nenhuma área apresentou diferença significativa.

Os valores de abundância e riqueza, além dos índices ecológicos calculados são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** - Macrofauna do solo coletada no folhicho das áreas de *P. elliotii*, *A. angustifolia* e mata nativa. Valores de abundância e riqueza (entre parênteses) para cada Ordem ou Família, seguidos dos valores de abundância e riqueza total, índice de diversidade de Shannon (H') e índice de equidade de Pielou (J).

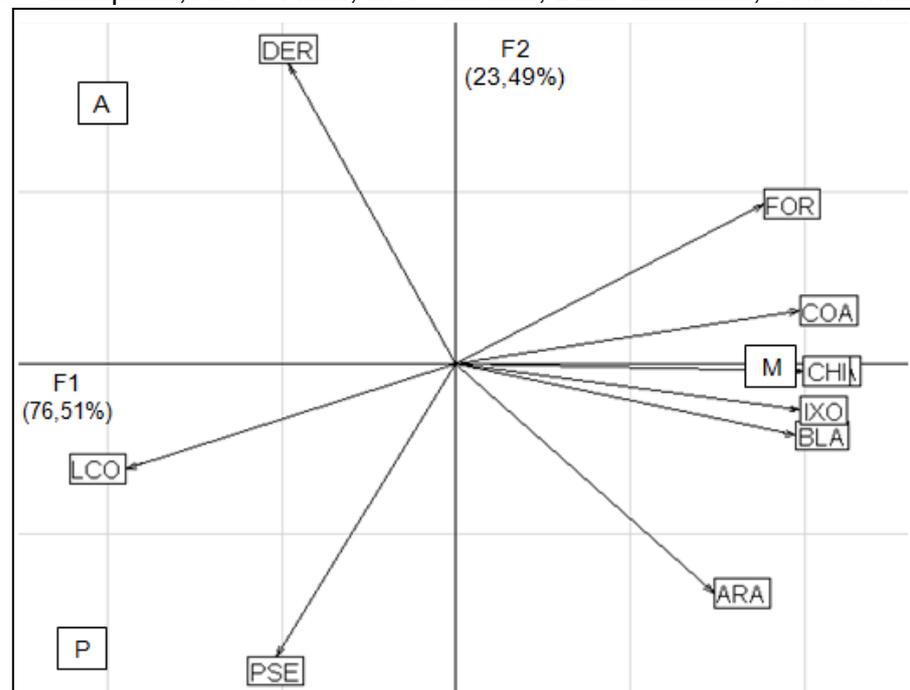
<b>Método Berlese-Tullgren</b>				
Invertebrados	Classificação	<i>P. elliotii</i>	<i>A. angustifolia</i>	Mata Nativa
	Ordem Coleoptera (Classe Insecta)	10 (3)	13 (5)	26 (7)
	Ordem Coleoptera (larvas) (Classe Insecta)	3 (2)	2 (1)	0 (0)
	Ordem Pseudoescorpiones (Classe Arachnida)	1 (1)	0 (0)	0 (0)
	Ordem Blattodea (Classe Insecta)	7 (5)	5 (4)	15 (7)
	Ordem Araneae (Classe Arachnida)	15 (9)	7 (7)	19 (12)
	Ordem Hymenoptera Família Formicidae (Classe Insecta)	71 (11)	156 (9)	246 (16)
	Ordem Ixodida (Classe Arachnida)	2 (2)	1 (1)	9 (3)
	Subclasse Acari (Classe Arachnida)	0 (0)	0 (0)	9 (1)
	Ordem Dermaptera (Classe Insecta)	0 (0)	1 (1)	0 (0)

	Classe Chilopoda	0 (0)	0 (0)	2 (2)
Índices	Riqueza	33	28	47
	Abundância	109	185	325
	H'	1,22	0,86	1,12
	J	0,35	0,26	0,29

Fonte: Autor.

De acordo com a análise multivariada dos componentes principais (Figura 16), pode-se notar a distribuição dos invertebrados do solo nas áreas estudadas. Onde, ficou notável que a área de mata nativa foi a que apresentou a maior riqueza e abundância de invertebrados do solo. Através da análise também conseguimos observar que a ordem Dermaptera apareceu exclusivamente na área com plantio de *A. angustifolia*. Os Hymenoptera, Coleoptera e Araneae foram mais relacionados com a área de mata nativa, assim como, tanto em termos de riqueza como em termos de abundância desses organismos a mata nativa é que se destacou.

**Figura 16** - Análise multivariada dos componentes principais dos resultados obtidos a partir do método de funil de Berlese-Tullgren. P - *P. elliotii*; A - *A. angustifolia*; M - Mata nativa; PSE - Pseudoescorpiones; LCO - Larva de coleoptera; DER - Dermaptera; FOR - Formicidae; COA - Coleoptera; ACA - Acari; IXO - Ixodida; BLA - Blatodea; CHI - Chilopoda.



Fonte: Autor.

Na avaliação da comunidade de invertebrados da superfície do solo utilizando o método de coleta de armadilhas *pitfalls* foram coletados 398 indivíduos, sendo que, 43,6% foram encontrados na mata nativa, 29,6% no plantio de *A. angustifolia* e 26,8% no plantio de *P.elliottii*.

A área de mata nativa foi a que apresentou a maior abundância de organismos edáficos nas armadilhas *pitfall*, porém, foi a que apresentou os resultados mais baixos diversidade de Shannon e equidade de Pielou. Os valores de cada indivíduo e os índices podem ser observados na Tabela 6.

**Tabela 6** - Total de invertebrados encontrados nas áreas de *P. elliottii*, *A. angustifolia* e mata nativa, seguido dos valores das análises de riqueza, abundância, índice de diversidade de Shannon (H') e índice de equidade de Pielou (J).

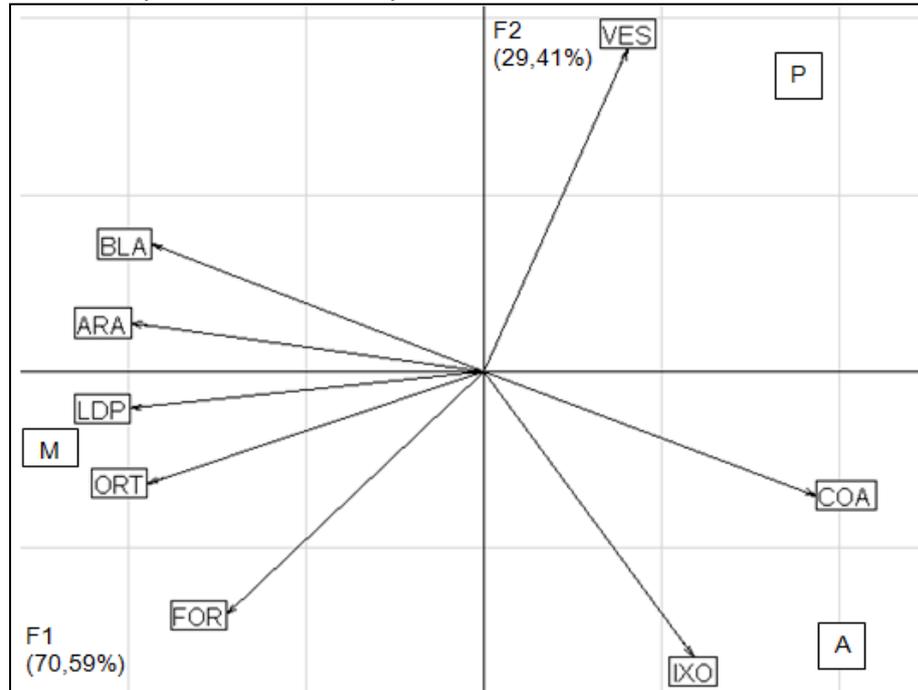
<b>Método armadilhas <i>pifalls</i></b>				
	<b>Classificação</b>	<b><i>P. elliottii</i></b>	<b><i>A. angustifolia</i></b>	<b>Mata Nativa</b>
<b>Invertebrados</b>	Ordem Coleoptera (Classe Insecta)	11 (3)	20 (3)	0 (0)
	Ordem Blattodea (Classe Insecta0)	16 (6)	0 (0)	35 (7)
	Ordem Araneae (Classe Arachnida)	16 (9)	13 (6)	25 (6)
	Ordem Hymenoptera Família Formicidae (Classe Insecta)	20 (10)	41 (13)	54 (11)
	Ordem Lepidoptera (larva) (Classe Insecta)	0 (0)	0 (0)	1 (1)
	Ordem Hymenoptera Família Vespidae (Classe Insecta)	1 (1)	0 (0)	0 (0)
	Ordem Ixodida (Classe Arachnida)	0 (0)	4 (3)	0 (0)
	Ordem Orthoptera (Classe Insecta)	0 (0)	5 (1)	22 (3)
<b>Índices</b>	Riqueza	33	29	32
	Abundância	84	93	221
	H'	1,40	1,28	1,07
	J	0,40	0,38	0,31

Fonte: Autor.

De acordo com a análise multivariada dos componentes principais (Figura 17), podemos notar como se deu a distribuição dos invertebrados encontrados nas áreas estudadas. A área nativa apresentou como o observado maior abundância de

organismos edáficos, porém, na área com plantio de *P. elliottii* o índice de diversidade de Shannon e de equidade de Pielou foram ligeiramente maiores, mas não estatisticamente significativos.

**Figura 17.** Análise multivariada dos componentes principais dos resultados obtidos a partir da abundância de cada grupo pelo método de armadilhas *pitfalls*. P - *P. elliottii*; A - *A. angustifolia*; M - Mata nativa; VES - Vespidae; LDP - Larva de lepidoptera; FOR - Formicidae; COA - Coleoptera; ORT - Orthoptera; IXO - Ixodida; BLA - Blatodea.



Fonte: Autor.

O grupo que mais apareceu em ambos os métodos de coletas, tanto em termos de riqueza quanto em abundância foram as formigas (Formicidae). Todas as áreas apresentaram um índice de diversidade baixo.

Albuquerque et al., (2009) ao realizaram o estudo da diversidade de fauna do solo em um plantio homogêneo de eucalipto, um sistema agroflorestal e uma área de mata nativa encontrou a maior diversidade ( $H' = 1,452$ ) no plantio homogêneo, semelhante ao apresentado neste estudo, referindo-se a maior diversidade encontrada no plantio homogêneo de *P. elliottii*.

Garcia; Catanozi (2011) realizaram a análise da diversidade, densidade e riqueza da fauna edáfica em um ambiente de mata nativa no bioma mata atlântica e em uma área com plantio de *Pinus* sp. e encontraram maiores valores para todas as variáveis na área de mata nativa. Entretanto, estas análises ocorreram em três níveis de profundidade, de 0,0-0,10; 0,10-0,20 e; 0,20-0,30 e observaram que

quanto mais próximo a superfície, maior os valores de diversidade, densidade e riqueza também aumentam, para a área de *Pinus* sp. também verificou-se a mesma condição.

Segundo os mesmos autores, esses resultados podem ser devido a influência direta dos fatores acima da superfície e das condições que são características de locais com influência de manejo, principalmente monoespecífico, pois, nesse tipo de ambiente a porosidade tende a menor e a densidade do solo maior. E no estudo em questão, os autores encontraram maior densidade na área de plantio de *Pinus* sp. do que solo da área de mata atlântica.

Assim, os métodos de coletas funil de Berlese-Tullgren e armadilhas *pitfalls* são utilizados principalmente para a captura da meso e macrofauna do solo, especialmente os organismos que atuam na interface solo-serrapilheira (Devide; Castro 2008), ou seja, organismos que ficam mais superficiais. Este fator pode ter influenciado nos resultados de maior diversidade e equidade nas áreas de *P. elliottii*, pois os resultados de porosidade e densidade desse estudo também se relacionaram com o estudo citado anteriormente. A porosidade foi menor e a densidade foi maior na área de plantio de *P. elliottii*.

Os resultados podem servir para comprovar que poucos centímetros de diferença na profundidade do solo possuem fatores ambientais que ocasionam alterações na distribuição dos organismos edáficos.

Alguns autores como Soares; Costa (2001) relatam que as florestas de coníferas, quando comparadas com outros tipos florestais, possuem menor número de indivíduos. Em relação a isto, a área de *P. elliottii* estudada, comparada com a área de plantio de *A. angustifolia* e mata nativa, foi a que apresentou o menor número de indivíduos, ou seja, a menor abundância de organismos edáficos. Porém, os índices ecológicos de diversidade de Shannon e equidade de Pielou apresentaram valores semelhantes entre as áreas.

Maestri et al., (2013) ao comparar a diversidade dos organismos do solo em uma área de mata nativa e plantio de eucalipto encontrou na área com mata uma maior diversidade, e atribuiu o resultado a maior heterogeneidade e complexidade estrutural do ambiente. No caso estudado, os autores relacionaram a variação na composição dos organismos edáficos devido a massa da serrapilheira, visto que na mata nativa foi maior do que nas áreas de eucalipto. Indicando que conforme o aumento

da massa a quantidade, e também a variedade de recursos alimentares aumentam, possibilitando o aumento do número de indivíduos e espécies.

A maior presença das formigas em termos de riqueza e abundância já foi observado em outros estudos. Alonso; Agosti (2000) destacam que estes animais são considerados dominantes na maioria dos ambientes.

Uma das possíveis explicações para os resultados contrários nesse estudo comparados aos encontrados na literatura é a quantidade de serrapilheira presente na área de *P. elliotii*, pois foi superior do que nas áreas de *A. angustifolia* e mata nativa. E pelo fato, desta serrapilheira não ser composta exclusivamente de acículas, pois o sub-bosque na área em questão era bastante desenvolvido.

Em relação a serrapilheira, a área com plantio de *P.elliotii* obteve o valor médio de peso seco de folhiço de  $370,42 \text{ g} \pm 147,73$ , seguido dos valores de  $298,99 \pm 74,28 \text{ g}$  na mata nativa e  $240,74 \text{ g} \pm 119,81 \text{ g}$  na área com plantio de *A. angustifolia*. Desta forma, a área com *P.elliotii* foi a área que apresentou a maior quantidade de serrapilheira acumulada. Porém, estatisticamente as áreas não tiveram diferenças significativas devido ao desvio padrão entre o peso obtido em cada quadrante amostrado.

A serrapilheira tem uma grande importância na presença da meso e macrofauna do solo, Moço et al., (2006), realizou uma amostragem em cinco diferentes agrossistemas de cacau na Bahia, e conclui que a presença de uma camada de serrapilheira proporcionou uma maior abundância e diversidade de fauna do solo, e isto, é referente ao aumento de maior fonte de nutrientes para a fauna.

A grande camada de serrapilheira encontrada nas áreas de *P. elliotii* pode ter proporcionado os resultados encontrados, visto que, a umidade encontrada no solo também pode ter auxiliado, visto que o valor encontrado torna o solo bom para o desenvolvimento de organismos edáficos.

Outro fator que deve ser levado em conta comparando outros estudos que encontram uma menor diversidade de organismos em ambientes povoados por *Pinus* é a relação do sub-bosque encontrado. Grande plantios comerciais de *Pinus* são em sua maioria destinados a produção de celulose, e neste caso, é a quantidade de árvores e não a qualidade das mesmas que é almejado. Plantios com grande adensamento impossibilitam a entrada de luz solar no interior do sub-bosque, bem como, o acúmulo de acículas na serrapilheira dificultam a germinação

de outras espécies no local. Assim o ambiente torna-se pobre em disponibilidade de alimentos para a fauna, causando a diminuição da mesma.

Segundo Barreta et al., (2003), monocultivo de pinus proporciona um ambiente uniforme, modifica a diversidade de substrato para a biota do solo, alterando, por sua vez, alguns atributos biológicos, como, por exemplo, biomassa C e respiração microbiana do solo, além de alterar a densidade e diversidade da fauna edáfica.

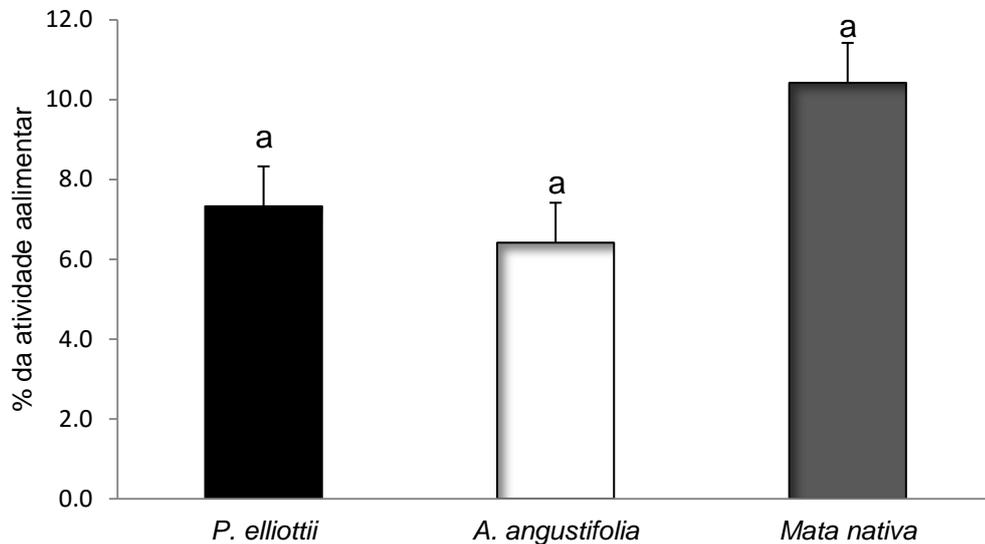
O plantio de *P. elliotii* estudado sofreu dois desbastes, o que proporcionou a diminuição do número de árvores/ha no plantio. O sub-bosque presente encontra-se bem desenvolvido, onde há presença de regeneração de espécies nativas como Araucárias, erva-mate, caroba, entre outras. Assim, a serrapilheira possui um material mais diversificado, possibilitando maior oferta de alimento aos organismos edáficos.

Outro fator importante em relação a serrapilheira é a qualidade da mesma. Segundo Moço (2006), a qualidade da serrapilheira é expressa em função do seu grau de lignificação, conteúdo de nutrientes, compostos orgânicos solúveis, da presença de moléculas orgânicas com efeitos alelopáticos e substâncias estimuladoras biologicamente significativas. Esta qualidade pode ser avaliada pela palatabilidade que afeta diretamente seu consumo pela fauna. A alguns polifenóis é atribuído o sabor amargo do material vegetal e assim são considerados fatores antinutricionais, afetando diretamente a preferência de consumo pela fauna.

## 5.7 ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA DO SOLO (*Bait-lamina*)

A área de mata nativa obteve um maior consumo das iscas no teste *bait lamina* em relação às áreas de *P. elliotii* e de *A. angustifolia*, embora estas diferenças não sejam estatisticamente significativas. Conforme as recomendações da ISO, é recomendado que haja um consumo mínimo de 40% das iscas para que se possa detectar diferenças estatisticamente significativas, o que não ocorreu durante o tempo de exposição de 15 dias. Os resultados são apresentados na Figura 18.

**Figura 18** - Atividade alimentar da fauna do solo nas áreas de mata nativa, plantio de *A. angustifolia* e de *P. eliottii*, indicada pela taxa de consumo das iscas após 15 dias de exposição. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre as áreas na ANOVA seguida do teste de Tukey ( $p < 0,5$ ).



**Fonte:** Autor

A fauna do solo participa ativamente no processo de ciclagem de nutrientes dos ecossistemas. Uma vez que os índices ecológicos não apontaram diferenças significativas entre as áreas, poderia-se esperar que a atividade alimentar da fauna fosse semelhante. Apesar de não ter havido diferenças estatisticamente significativas entre as taxas de consumo, não foi atingido o mínimo de 40% de consumo das iscas em 15 dias, tempo recomendado pela norma ISO para este método em clima temperado. No presente estudo, a taxa de consumo girou em torno de 10%. Isso indica que o tempo de exposição nesta áreas (Floresta Ombrófila Mista e plantio de Coníferas) deve ser maior do que o recomendado na Norma ISO para este ensaio. Apesar dos resultados apontarem uma tendência de maior atividade alimentar na área de mata nativa, novos estudos envolvendo um tempo de exposição maior devem ser realizados, podendo indicar o tempo de exposição apropriado para esta técnica nestes tipos de florestas, e indicando se há diferença neste parâmetro entre os monocultivos e a mata nativa.

Simpson et al., (2012), ao estudar o efeito da fragmentação das florestas devido a ocupação da agricultura e do desenvolvimento moderno avaliou a atividade alimentar da fauna no núcleo e na borda do fragmento florestal, e segundo os resultados obtidos a atividade alimentar foi maior no núcleo da floresta do que na

borda, onde, a medida que se aproximava da borda a atividade diminuía gradativamente. O autor caracterizou a umidade do solo como um fator determinante na atividade alimentar da fauna.

Gongalsky et al., (2003), destacaram a temperatura do solo como uma característica influente na alimentação da fauna, entretanto, consideram que quando não há interferência da temperatura é a umidade do solo o fator determinante.

O mesmo autor encontrou uma atividade alimentar ótima no solo quando as condições de temperatura e umidade estavam favoráveis, e não atribuíram a atividade à presença da fauna do solo. Pois, no local de estudo a área que apresentou maior densidade de populações da macrofauna apresentou menores valores da atividade alimentar. O mesmo observado nesse trabalho.

PODGAISKI et al. (2011), ao estudar a atividade alimentar de uma área pastejada e uma área não pastejada nos campos sulinos do Brasil, observou menor taxa alimentar dos invertebrados do solo na área pastejada. Sendo o resultado atribuído a menor quantidade de serrapilheira sobre a área e à ação do gado presente, que deve ter atuado modificando propriedades bióticas e abióticas locais que influenciam no processo de decomposição.

A fauna do solo pode ser influenciada pelas condições climáticas, como o caso de oscilações de temperatura, umidade e as características das estações do ano (FERNANDES et al., 2011).

Apesar da grande expansão florestal no Brasil dos plantios homogêneos de pinus e eucaliptos, tem-se ainda poucos estudos avaliando os impactos que estes reflorestamentos podem causar ao solo (MARTINS et al., 2002). Sendo necessário preencher esta lacuna existente, procurando constatar mais resultados e utilizar diferentes indicadores da qualidade do solo.

## 6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados deste trabalho, foi possível concluir que:

1. As áreas estudadas possuem solo com valores de pH ácido.
2. A área com plantio de *P. elliotii* apresentou a menor porcentagem de umidade do solo, diferindo estatisticamente das áreas de plantio de *A. angustifolia* e mata nativa.
3. A área sob cultivo de *P. elliotii* apresentou maior densidade aparente e menor porosidade total em relação às áreas de *A. angustifolia* e de mata nativa. Tais resultados foram diferentes estatisticamente.
4. O solo sob plantio de *P. elliotii* foi o que apresentou maior quantidade de solo sem agregação, e a área com plantio de *A. angustifolia* foi a que apresentou maior quantidade de agregados biogênicos.
5. No ensaio de comportamento de fuga com minhocas, estes organismos evitaram o solo oriundo do plantio de *P. elliotii*, fugindo para os solos oriundos da área de mata nativa ou da área de plantio de *A. angustifolia*, o que demonstra a possível função limitada destas áreas como habitat para algumas espécies de minhocas.
6. O solo da área de plantio *P. elliotii* foi o que apresentou a menor taxa de reprodução de colêmbolos da espécie padrão *F. candida* em comparação com as demais áreas, o que pode estar relacionado a fatores químicos como a presença de fenóis a partir da decomposição das acículas.
7. O lixiviado do solo do plantio de *P. elliotii*, obtido em laboratório, não ocasionou efeito de inibição da germinação das sementes de alface. Uma provável explicação para a ausência de efeitos alelopáticos seja o fato de que as acículas são decompostas lentamente no solo, liberando aos poucos os compostos fenólicos. Mas salienta-se que estes resultados podem ser diferentes para outras espécies de plantas, devido à sensibilidade de cada espécie.
8. A área de mata nativa apresentou maior abundância de organismos edáficos, o que pode indicar que essa área possui condições e recursos que favorecem o desenvolvimento destas populações. As áreas não diferiram estatisticamente em relação à riqueza de espécies nem em relação aos índices ecológicos, mas a composição de espécies é diferente em cada uma das áreas, o

que está sendo analisado em maiores detalhes e ainda não foi discutido neste trabalho.

9. Ao analisar a atividade alimentar da fauna do solo nos três diferentes ambientes florestais, não houve diferenças estatisticamente significativas devido ao pouco consumo das iscas em 15 dias. Parece haver uma tendência da área com mata nativa em apresentar maiores porcentagem de atividade alimentar em relação as demais áreas. Porém, para detectar diferenças entre áreas, é preciso que ao menos 40% das iscas seja consumida (no presente trabalho, girou em torno de 10%). Isso indica que o tempo de exposição nesta áreas (Floresta Ombrófila Mista e plantio de Coníferas) deve ser maior do que o recomendado na Norma ISO para este ensaio.

10. Como as áreas estudadas não passam por manejo, apresentavam um sub-bosque bem desenvolvido. Por isso, recomenda-se que os próximos estudos realizarem o inventário das espécies presentes no sub-bosque, uma vez que estas espécies influenciam na estrutura do habitat e na disponibilidade de recursos para a fauna do solo. Também ressalta-se que os resultados aqui apresentados são limitados para representar o que ocorrem em plantios onde há manejo (comerciais), como desbaste, entrada de maquinário ou controle químico, o que deve ser contemplado por estudos futuros nesta linha.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Qualidade do Solo — Ensaio de fuga para avaliar a qualidade de solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento - Parte 1: Ensaio com minhocas (*Eisenia fetida* e *Eisenia andrei*)**. ABNT NBR ISO 17512-1. ABNT: Rio de Janeiro, 2011.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Qualidade do solo — Inibição da reprodução de *Collembola* (*Folsomia candida*) por poluentes do solo**. ABNT NBR ISO 11267. ABNT: Rio de Janeiro, 2011.
- AGUIAR, A. V.; SOUSA, V.A.; SHIMIZU, J. Y. **Cultivo de *Pinus***. Embrapa Florestas, Sistemas de Produção, 5 - 2<sup>a</sup> edição, 2011. Disponível em: < [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus\\_2ed/](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus_2ed/)>. Acesso em: 26/04/2015.
- ALEXANDER, C. E.; CRESSE, M. S. An assessment of the possible impact of expansion of native woodland cover on the chemistry of Scottish freshwaters. **Forest Ecology and Management**, v. 73, n.1, p.1-27, 1995.
- ANDERSON, J.M. INGRAM, J.S. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods**. 2 ed., CAB International, Wallington, UK, 1993. 256 p.
- ANDRADE, H. M.; BITTENCOURT, A.H. C.; VESTENA, S. Potencial alelopático de *Cyperus rotundus* L. sobre espécies cultivadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Edição Especial, v. 33, 2009. p. 1984-1990.
- ANDRADE, L. K. F et al. **Atributos de fertilidade relacionados à qualidade do solo em mata nativa e área desmatada na bacia do rio Cuiá, em João Pessoa, PB, 2012**. Disponível em: < <http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/3657/1471>>. Acesso em: 12 Set. 2015.
- ANDRADE, L. B. **O uso da fauna edáfica como bio-indicadora de modificações ambientais em áreas degradadas**. 2000. 51 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, RJ, 2000.
- ANDRÉA, M. M. O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solos. **Acta Zoológica Mexicana** (n.s.), Número Especial 2, p. 95-107, 2010.
- ANTONIOLLI, Z. I et al. Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos no solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, Online. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cr/2013nahead/a15813cr4635.pdf>>. Acesso em: 11 Out. 2015.

ALVAREZ, V. H. **Interpretação dos resultados das análises de solos**. Disponível em: <<http://tempuscomunicacao.com/agricola/wp-content/uploads/2012/07/interpretacao-dos-resultados-das-analises-de-solos.pdf>>. Acesso em: 21 Out. 2015.

ARAÚJO, C.C et al. Comparação da abundância de invertebrados de solo por meio da estimação intervalar encontrados em diferentes ambientes na cidade de Ituiutaba – MG. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 26, n. 5, 2010.

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, p.187-206, 2012.

AQUINO. A. M. Fauna do Solo e sua Inserção na Regulação Funcional do Agroecossistema. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p. 47-76.

AZEVEDO, V.K; BRAGA, T. V. C; GOI, S. R. **Efeito alelopático de extrato de *Eucalyptus citriodora* e *Pinus eliottii* sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. (alface)**. In: *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu - MG, 2007*.

BARTZ, M. L. et al. Minhocas *Urobenus* sp.: das matas para as áreas sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**. Aldeia Norte Editora: Passo Fundo, ed. 124, 2011. Disponível em: < <http://www.plantiodireto.com.br/index.php?body=arevista>>. Acesso em: 24 Out. 2015.

BARTZ, M. L. C. **Cinco espécies de minhocas mais comuns no Brasil**. **Revista Globo Rural**, 2015. Entrevista concedida a Wilhan Santin. Disponível em: < <http://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2015/08/5-especies-de-minhocas-mais-comuns-no-brasil.html>>. Acesso em: 30 Out. 2015.

BARETTA, D et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas e catação manual afetada pelo manejo do solo na região Oeste Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v. 2, n. 2, 2003.

BARETTA, D et al. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p. 2693-2699, 2008, Número Especial.

BARRETO, A. C et al. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga (Mossoró, Brasil)**, v.19, n.4, p.415-425, 2006.

BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.N. **Ecology: individuals, populations and communities**. 3 ed. Oxford, Blackwell Science, 1996.

BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. **Checklist of the**

**Collembola of the World.** Disponível em: <<http://www.collembola.org>>. Acesso em: 10 set. de 2015.

BERTOL, I et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 28, p. 155-163, 2004.

BIANCHI, M. O. **A importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados do solo.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2010. (Embrapa Agrobiologia. Série Documentos, 266).

BROWN, G.G. et al. Exotic, peregrine and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, p. 339-358, 2006.

BROWN, G. G.; DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas – o 3º encontro latino americano de ecologia e taxonomia de oligoquetas (elaetao3). **Acta Zoológica Mexicana (n.s.)**. Número Especial, p. 18, 2010.

BROWN, G.G.; DOMÍNGUEZ, J. **Biodiversidade de minhocas e seu uso como bioindicadoras da qualidade ambiental: perspectivas e limitações.** 2008. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61382/1/SP5367.pdf>>. Acesso em: 22 Set. 2015.

BRUN, E. J. **Matéria orgânica do solo em plantios de *Pinus taeda* e *P. elliottii* em duas regiões do Rio Grande do Sul.** 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

CANTELLI, K et al. Efeito do tebuconazol no comportamento de fuga de *Eisenia andrei* em ensaio de laboratório com solo natural. In: XXIX Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas.; XIII Reunião brasileira sobre micorrizas.; XI Simpósio brasileiro de microbiologia do solo.; VIII Reunião brasileira de biologia do solo, 2010, Guarapari, ES. **Anais: Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

CESAR, R et al. Ecotoxicidade e biodisponibilidade de metais em solos impactados por rejeitos industriais em Queimados, RJ, Brasil. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 32, n. 4, p.600-610, 2013.

CI FLORESTAS - CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTAS. **A floresta e o solo.** Disponível em: <[http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc\\_a\\_solo\\_22592.pdf](http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc_a_solo_22592.pdf)>. Acesso em: 28 Agost. 2015.

COPATTI, C. E.; DAUDT, C. R. Diversidade de artrópodes na serapilheira em fragmentos de mata nativa e *Pinus elliottii* (Engelm. Var elliottii). **Ciência e Natura, UFSM**, v. 31 n.1, p. 95 - 113, 2009.

CÓRDOVA, M.; CHAVES, C. L.; MANFREDI-COIMBRA, S. Fauna do solo x vegetação: estudo comparativo da diversidade edáfica em áreas de vegetação nativa e povoamentos de *Pinus sp.* **Revista Eletrônica do Curso de Geografia – Campus Jataí- UFG**, Jataí, n.12, 2009.

CORREIA, M. E. F.; PINHEIRO, L. B. A. **Monitoramento da fauna do solo sob diferentes coberturas vegetais em um sistema integrado de produção agroecológica.** Disponível em: <<http://www.cnpab.embrapa.br/servicos/download/cit003.pdf>>. Acesso em: 20 Set. 2015.

CREPALDI, R.A et al. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, 44: 781-787, 2014.

DALBEN, A. D.; OSAKI, F. Atributos físicos do solo de um cambissolo háplico em floresta nativa e de *Pinus taeda*. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 29-37, jan./mar. 2008.

DUTRA, B. K. **Avaliação do Impacto no Ambiente de Compostos Hidrossolúveis de *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* (Coniferae) Utilizando Indicadores Biológicos.** 2012. 166 p. Tese (Doutorado em Zoologia) - Pontifícia Universidade Católica Do Rio Grande Do Sul Programa De Pós-Graduação Em Zoologia. Porto Alegre, 2012.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

FERNANDES, M. M et al. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na Flona Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. **Floresta**, v. 41, p. 533-540, 2011.

FERREIRA, M. C.; SOUZA, J. R. P.; FARIA, T. J. Potenciação alelopática de extratos vegetais na germinação e no crescimento inicial de picão-preto e alface. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1054-1060, 2007.

FERREIRA, R. L.; MARQUES, M. M. G. S. M. A Fauna de Artrópodes de Serrapilheira de Áreas de Monocultura com *Eucalyptus sp.* e Mata Secundária Heterogênea. **An. Soc. Entomol. Brasil.** Londrina, v. 27, n. 3, 1998.

GRAÇA, M.A.S., POZO, J., CANHOTO, C., ELOSEGI, A. Effects of *Eucalyptus* plantations on detritus, decomposers, and detritivores in streams. **Sci. World J.** Vol. 2, n. 4, p.1173-1185, 2002.

GUARATIN, T. *et al.* **Ecotoxicologia.** In: OGA, Seiki.; CAMARGO, Márcia Maria de Almeida.; BATISTUZZO, José Antonio de Oliveira. **Fundamentos de Toxicologia.** 3. ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2008. p.125 – 142.

HAAG, H.P et al. Nutrição mineral de hortaliças. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro destinado ao processamento industrial. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 35, p. 243-270, 1978.

HILLEL, D. **Soil and water: physical principles and processes**. 3. ed. New York: Academic, 1972.

IBA (Indústria Brasileira de Florestas). **Indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2014**. Disponível em: < [http://www.iba.org/images/shared/iba\\_2015.pdf](http://www.iba.org/images/shared/iba_2015.pdf) >. Acesso em: 20 de Nov. 2015

INDERJIT, T. Plant phenolics in allelopathy. **Botanical Reviews**, Bronx - New York, vol. 62, n.2, p. 186-202, 1996.

KRATZ, W., 1998. The bait-lamina test – general aspects applications and perspectives. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 5, n. 2, 1998.

ISO/TC 190/SC 4 N. **Soil quality — Method for testing effects of soil contaminants on the feeding activity of soil dwelling organisms — Bait-lamina test**. 2012.

JORGE, R. F et al. Distribuição de poros e densidade de latossolos submetidos a diferentes sistemas de uso e manejo. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, p.159-169, 2012.

KARLEN, D. L. et al. Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn. **Soil Tillage Res.**, v. 31, p. 149-167, 1994.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979.  
KJORASAKI, V.; MORAIS, J.W.; BRAGA, R.F.; **Macrofauna**. In: MOREIRA, F.M.S.; CARES, J.E.; ZANETTI, R.; STURMER, S.L. **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e feitos na produção vegetal**. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 352 p.

KOHLER, S.V. **Evolução do afilamento do tronco e do sortimento em plantios de *Pinus taeda* nos Estados do Paraná e Santa Catarina**. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2013.

KORASAKI, V.; MORAIS, J. W.; BRAGA, R. F.; **Macrofauna**. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STURMER, S. L. **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e feitos na produção vegetal**. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 352 p.

LAVELLE, P et al. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems. Application to soils in the humid tropics. **Biotropica**, v. 25, n. 2, p.130-150, 1993.

LAVELLE, P et al. Soil invertebrates and ecosystem services. **Europ. J. Soil Biol.**, v. 42, 2006.

Lee, K.E. **Earthworms: Their ecology and relationships with soils and land use.** Sidney, Academic Press, 1985.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop productions. **Advison Soil Science**, [S.I.], v. 1, p. 277-294, 1985.

LEPSCH, I. F. Influência do cultivo do Eucalyptus e Pinus nas propriedades químicas de solos do cerrado. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 4, p. 103-107, 1980.

LIMA, W. P.; BARBIN, D. **Efeito de plantações de Eucalyptus e Pinus sobre a qualidade da água da chuva.** IPEF n.11, p.23-35, 1975. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr11/cap02.pdf>>. Acesso em: 21 Set. 2015.

LIMA, C. L. R. de. et al. Atributos físicos de um planossolo háplico sob sistemas de manejo comparados aos do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1849-1855, set./out. 2008.

LOPES, L. **Evolução metodológica no uso de armadilhas tipo pitfall para coleta da entomofauna de solo.** Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu - MG, 2007. p.1.

LUIZÃO, F.J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Cienc. Cult.**, vol.59, n.3, 2007.

MACHADO, S. A.; SCOLFARO, J. R. S. Curvas de índice de sítio para plantações de *Pinus elliottii* nos estados do paraná e santa catarina. **Revista Floresta**, Paraná, v. 18, n. 12, p. 140 – 156, 1988.

MACHADO, H. M. **Efeitos da aplicação de resíduos da perfuração de poço de petróleo no solo, no desenvolvimento de plantas de arroz e no comportamento de *Eisenia andrei*.** 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Ciência do Solo, RJ, 2012.

MAFRA, A. L et al. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.2 p. 217-224, 2008.

MAGALHÃES, D. P.; FILHO FERRÃO, A. S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecol. Bras.** Rio de Janeiro, v. 12, n.3, p. 355-381, 2008.

MANHÃES.C. M. **Caracterização da fauna edáfica de diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil.** 2011. 54 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2011.

MANHÃES, C. M. C.; FRANCELINO, F. M. A. estudo da inter-relação da qualidade do solo e da serapilheira com a fauna edáfica utilizando análise multivariada. **Nucleus**, v.9, n.2, 2012.

MANNINEN, A.M et al. Secondary metabolite concentrations and terpene emissions of scots pine xylem after long-term forest fertilizations, **Environmental Quality**, v. 31, 2002, p. 1694–1701.

MATOS-MOREIRA, M. et al. Behavioral avoidance tests to evaluate effects of cattle slurry and dairy sludge application to soil. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 35, p. 1471-1477, 2011.

MARTINS, C et al. Effects of Essential Oils from *Eucalyptus globulus* Leaves on soil organisms involved in leaf degradation. **Plos One**, v.8 , n. 4, 2013.

MASCHIO, W.; BROWN, G.G. Abundância e diversidade de minhocas em plantios de eucaliptos na Embrapa Florestas em Colombo, PR. In: Evinci Embrapa Florestas, 2011. **Anais: Anais do X Evento de Iniciação Científica da Embrapa Florestas**. Colombo: Evinci Embrapa Florestas, 2011.

MENTA,C. **Soil Fauna Diversity – Function, Soil Degradation, Biological Indices, Soil Restoration**. In: LAMEED, G. A. **Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World**. Department of Evolutionary and Functional Biology, University of Parma, Parma, Italy, 2012. p. 60-94.

MELO, J. T.; RESK, D. V. S. **Efeito do reflorestamento com diferentes espécies sobre os atributos químicos em solo de cerrado**. Planaltina, DF - Embrapa Cerrados, 2006.

MEDEIROS, A. R. M. Alelopatia: importância e suas aplicações. **Horti Sul**, Pelotas, v. 1, n. 3, p. 27-32, 1990.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: global assessment reports**. Washington, DC: Island Press, 2005.

MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C.; VUONO, Y. S. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forests. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, n.1, p.9-16, 1999.

MURADIAN, R et al. Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 69, n. 6, p. 1202-1208, 2010.

NISSANKA, S. P.; MOHOTTI K, M.; WIJETUNGA, A. S. T. B. **Allelopathic influences of *Pinus caribaea* on vegetation regeneration and soil biodiversity**. In: Allelopathy, 2005. Disponível em: <[http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/1/2415\\_nissankasp.htm](http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/1/2415_nissankasp.htm)>. Acesso em: 28 Out. 2015.

OSAKI, F. **Distribuição espacial de microrganismos e fertilidade em**

**solos de dois ecossistemas florestais.** 2008. 281 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Pós - Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

**PARON, L. M et al.** Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. **Brasília, DF : Embrapa, 2015.**

PAULUS, M. P et al. Prefrontal, parietal, and temporal cortex networks underlie decision-making in the presence of uncertainty. **NeuroImage**, Orlando, v. 1, n.3, p.91-100, 2010.

PODGAISKI, L.R., F.S. SILVEIRA; M. MENDONÇA Jr., 2011. Avaliação da Atividade Alimentar dos Invertebrados de Solo em Campos do Sul do Brasil – Bait-Lamina Test. **EntomoBrasilis**, v. 4, n. 3, 2011.

POGGIANI, F et al. **Práticas de ecologia florestal.** Documentos Florestais, n.6, p.1-44, 1996.

PRITCHETT, W. L.; FISHER, R. F. **Properties and management of forest soils.** 2 ed. New York: John Wiley e Sons. 1987.

QUADROS, D. A. et al. Efeitos da Produção Intensiva de *Pinus* Sobre a Comunidade Quilombola do Varzeão em Doutor Ulysses/PR. **Rev. Bras. De Agroecologia.** v. 4, n. 2, 2009. p. 4

RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan SA, 1996.

RODRIGUES, F. C. M.; LOPES, B. M. Potencial alelopático de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth sobre sementes de *Tabebuia alba* (Cham.) Sandw. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 8, n. 1, p. 130-136, 2001.

RODRIGUES, K de. M et al. **Funis de Berlese-Tullgren modificados utilizados para a amostragem de macroartrópodes de solo.** Embrapa - Circular Técnico, n. 22. Seropédica - RJ, 2008.

ROCHA, E et al. Minhocas em Três Regiões do Oeste Catarinense. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2013, Florianópolis. **Anais: Ciência do solo para quê e para quem?** Florianópolis: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2013.

RÖMBKE, J., H et al. Feeding activities of soil organisms at four different forest sites in Central Amazonia using the bait-lamina method. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, 2006.

ROLT, V. A. **Insetos fitófagos associados as plantas medicinais *Calendula officinalis* L. (Astereceae) e *Foeniculum vulgare* Mill. (Apiaceae) em uma propriedade rural de Grão-Pará, Santa Catarina.** 2009. 59 f. Monografia

(Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, 2009.

RIGATTO, P. A. **Influência dos atributos do solo sobre a produtividade e a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para produção de celulose Kraft.** 2002. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Curitiba, 2002.

ROSA, S. F. **Propriedades físicas e químicas de um solo arenoso sob o cultivo de *Eucalyptus spp.*** 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Santa Maria 2010.

SALTON, J. C et al., Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.11-21, 2008.

SANTOS, S. G. et al. **Riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) epigéicas em áreas de desenvolvimento sustentável na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, com intenso grau de antropização.** Mogi das Cruzes, 2003. Disponível em: < [http://www.umc.br/\\_img/\\_diversos/pesquisa/pibic\\_pvic/XII\\_congresso/projetos/Suza\\_mar\\_Gabriel.pdf](http://www.umc.br/_img/_diversos/pesquisa/pibic_pvic/XII_congresso/projetos/Suza_mar_Gabriel.pdf)>. Acesso em: 12 Agos. 2015.

SCHWADE, G. M. et al. **Efeito alelopático de acículas de *Pinus elliottii* Engelm. sobre a germinação de *Avena strigosa* Schreb.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos. Curso de Engenharia Florestal, 2010. Disponível em: < <https://web.dv.utfpr.edu.br:448/seer/index.php/SSPA/article/viewFile/457/255>>. Acesso em: 22 Set. 2015.

SELLE, G.L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS. **Recursos florestais: as florestas plantadas.** Brasília, 2013. Disponível em: < <http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>> Acesso em: 10 Set. 2015.

SIMPSON, J. E et al. **Factors Affecting Soil Fauna Feeding Activity in a Fragmented Lowland Temperate Deciduous Woodland.** Journals Plos One, 2012. Disponível em: < <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0029616>>. Acesso em: 25 Set. 2015.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V.; CARVALHO, F. G. Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo coeso sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 579-585, 2006.

SILVA NETO, L et al. Atributos físicos e químicos de agregados pedogênicos e de coprólitos de minhocas em diferentes classes de solos da Paraíba. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 34, p. 1365-1371, 2010.

SIX, J., E.T et al. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v. 62, p.1367–1377, 1998.

SIX, J. et al. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**, v. 79, p. 7-31, 2004

STURGES,P. ATKINSON, D. The clear-feeling of sand-dune plantations: Soil and vegetation process in habitat restoration. **Biological Conservation**. Liverpool, v.66, p. 171-183, 1993.

STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, G. P. K. Avaliação de substratos para reprodução de colêmbolos nativos em condições de laboratório. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 17, n. 3, p. 265-269, jul-set, 2007.

SPERANDIO, H. V. Atributos físicos sob diferentes sistemas de uso no sul do Espírito Santo. **Scientia Plena**, v. 9, n. 7, 2013.

SOUSA, J.P et al. Effects of land-use on Collembola diversity patterns in a Mediterranean landscape. **Pedobiologia**, v.48, p. 609-622, 2004

SOUZA, I. F.; FURTADO, D. A. S. Caracterização de aleloquímicos do centeio (*Secale cereale*) e seu potencial alelopático sobre plantas de alface (*Lactuca sativa*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 1097-1099, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. São Paulo: ARTMED, 2002.

TEIXEIRA FILHO, A. J.; SANTOS, P. D. M. Densidade aparente do solo numa floresta na terceira sucessão, Parintins-AM. In: XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campo Grande, 2014. **Anais. Campo Grande: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 2014. p. 1-4.

TOKURA, L. K.; NÓBREGA, L. H. P. Alelopatia de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.28, n. 3, p. 379-383, 2006.

TROGELLO, D. E.; TROGELLO, A. G.; SILVEIRA, E. R. Avaliação da Fauna do Solo em Diferentes Sistemas de Cultivo, Milho Orgânico e Milho em Plantio. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 6, supl. 1, p. 25-26, set. 2008.

VASCONCELOS, H. L. Respostas das formigas à fragmentação florestal. **Série técnica IPEF**, 12: 95-98, 1998.

VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P.; ANDRADE, M. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 3 n. 12, p. 3066-3080, 2007.

VASQUES, A. G. et al. Uma síntese da contribuição do gênero *pinus* para o desenvolvimento sustentável no sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, 2007.

VIANA, E. T et al. Atributos físicos e carbono orgânico em latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v.35 n. 5, Nov./Dec. 2011.

VITAL, A. R. T et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v.28, n.6., p.793-800, 2004.

VILLAVICENCIO, B. et al. **Avaliação do Impacto de Fenólicos Hidrossolúveis Extraídos de *Pinus taeda* na Germinação de *Lectuca sativa***. Laboratório de Fisiologia da Conservação - Programa de Pós-graduação em Zoologia - PUCRS; Laboratório de Biotecnologia Vegetal – PUCRS. XI Salão de Iniciação Científica – PUCRS, 2010.

VON TÖRNE, E. Assessing feeding activities of soil-living animals. I. Bait-lamina-tests. **Pedobiologia**,v.34, v.2, 1990.

WENDLING, B et al. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 256-265, Mar. 2012.

ZILLER, S. R. **A Estepe gramíneo-lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, p.268, 2000.