

Tatiani Maria Pech

**INFLUÊNCIA DA MACRO E MESOFAUNA EDÁFICA PARA A
DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA EM PLANTIO DE *Pinus taeda* L.**

Curitibanos

2018



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências Rurais
Curso de Engenharia Florestal

Tatiani Maria Pech

**INFLUÊNCIA DA MACRO E MESOFAUNA EDÁFICA PARA A
DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA EM PLANTIO DE *Pinus taeda* L.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Júlia Carina Niemeyer
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Siminski

Curitibanos

2018

Pech, Tatiani Maria

Influência da macro e mesofauna edáfica para a decomposição da serrapilheira em plantio de Pinus taeda L. / Tatiani Maria Pech ; orientador, Júlia Carina Niemeyer, coorientador, Alexandre Siminski, 2018.

40 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal, Curitibanos, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Decomposição . 3. Pinus taeda L.. 4. litter bags. I. Niemeyer, Júlia Carina . II. Siminski, Alexandre. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

Tatiani Maria Pech

**INFLUÊNCIA DA MACRO E MESOFAUNA EDÁFICA PARA A
DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA EM PLANTIO DE *Pinus taeda* L.**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Florestal” e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora

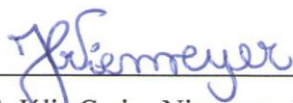
Curitiba, 18 de junho de 2018.



Prof. Marcelo Callegari Scipioni Dr.

Coordenador (a) do Curso

Banca Examinadora:



Prof^a. Júlia Carina Niemeyer, Dr^a

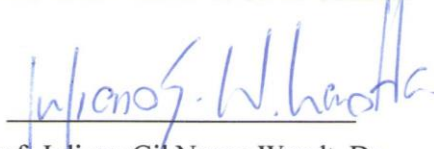
Orientador (a)

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Otávio Camargo Campoe, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Juliano Gil Nunes Wendt, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina



Eng^a Florestal. Danielle Cristina Ortiz, M.Sc.

Este trabalho é dedicado à minha mãe Matilde, por todo o apoio, confiança, paciência, carinho e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e oportunidades.

Aos membros da minha família que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho, em especial a minha mãe Matilde, pelo incentivo, carinho, paciência e confiança que em mim depositou, e ao meu padrasto, pelo carinho e paciência que recebo desde que cheguei em sua vida.

Aos meus orientadores Prof. Dra. Júlia Carina Niemeyer e Prof. Dr. Alexandre Siminski, pela paciência, suporte, correções e incentivos.

À UFSC, pela oportunidade de aprendizado, crescimento profissional, e pela disponibilidade de laboratórios.

Aos meus amigos que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho em especial a Mayrine Silva, Guilherme Diego Fockink e Altair Maçaneiro Ricardo Filho.

Aos meus amigos de morada, Viviane de Fátima Milcheski, Heloisa Martinenghi e William Gilberto Balbinot pela paciência, amizade e conselhos.

Ao grupo de pesquisa NECOTOX, pelo apoio, dicas e também aos momentos de diversão.

Ao grupo Agropastoril Gaboardi, pela concessão da área de estudo.

Aos professores e servidores que de alguma forma contribuíram durante todo o período de graduação.

Muito obrigada!

“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma” Lavoisier

RESUMO

O gênero *Pinus* vem sendo plantado no Brasil há mais de um século. A espécie mais plantada do gênero é o *Pinus taeda*, concentrando-se a maioria dos plantios na região sul do Brasil. Nos ecossistemas florestais são diversos os aspectos ecológicos que ainda precisam ser estudados, tais como a ciclagem de nutrientes, que é influenciada pela deposição e decomposição da serrapilheira. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a dinâmica de decomposição da serrapilheira e a influência da macro e mesofauna edáfica para este processo em plantios de *Pinus taeda*. O trabalho foi realizado em um plantio comercial de uma empresa privada, no município de Curitibanos, SC, onde foram implementadas três parcelas de 10 x 30 m, distribuídas no plantio a uma distância de 10 m entre elas. A decomposição da serrapilheira foi avaliada pelo método de bolsas de decomposição (*litter bags*), com dois tipos de malhas de nylon, sendo uma de malha fina (0,06 mm) e uma de malha grossa (2 mm), excluindo ou incluindo a participação da fauna do solo, respectivamente. Para compor as bolsas, utilizou-se 5 gramas de acículas (peso seco) para cada bolsa. As bolsas foram dispostas em linhas, ficando expostas por um período de 365 dias, com retiradas a campo aos 60, 180, 240, 300 e 365 dias. Em cada época de amostragem, 5 bolsas de cada malha foram retiradas por parcela. Além disso, em cada parcela avaliou-se a atividade alimentar da fauna do solo, utilizando-se o método *bait-lamina*, com isca composta de 70% celulose, 27% farinha de trigo e 3% carvão ativado, expostas por 30 dias em cada avaliação. As avaliações ocorreram nas 4 estações do ano, expondo as lâminas no sentido horizontal para avaliar a atividade na superfície do solo junto à serrapilheira. A decomposição das acículas foi significativamente maior nas bolsas com maior abertura de malha durante os períodos de 60 a 300 dias. Entretanto, no último período avaliado, as bolsas de malha fina apresentam uma porcentagem menor de massa remanescente. Apesar das diferenças apresentadas em diferentes momentos de avaliação entre as bolsas de malha fina e malha grossa, em termos ecológicos não parece haver diferença, uma vez que se considerarmos o tempo para a decomposição de 95% do material, esse tempo foi estimado em 1810 dias para as bolsas de malha fina e 1937 dias para as bolsas de malha grossa, excluindo e permitindo a entrada da fauna, respectivamente. Os resultados corroboraram o que já apontaram outros estudos sobre a decomposição das acículas de pinus, indicando que o processo é em grande parte devido à ação de microrganismos e com menor participação dos invertebrados edáficos. O tempo de exposição utilizado para os *bait-lamina* foi suficiente para detectar diferença entre as estações do ano e indicou maior atividade da fauna no verão. O presente trabalho traz uma contribuição para o entendimento do processo de decomposição da serrapilheira em povoamento de *P. taeda* na mesorregião serrana de Santa Catarina, e sobre a participação da fauna edáfica sobre esse processo.

Palavras-chave: *Bait-lamina*. Invertebrados do solo. *Litter bags*.

ABSTRACT

The genus *Pinus* has been planted in Brazil for more than a century. In forest ecosystems, there are several ecological aspects that still need to be studied, such as nutrient cycling, which is influenced by deposition and decomposition of litter. Thus, the objective of this work was to evaluate the litter decomposition dynamics and the influence of the edaphic macro and mesofauna for this process in *Pinus taeda* plantations. The work was carried out in a commercial plantation of a private company, in the city of Curitiba, SC, where three plots of 10 x 30 m were distributed in a pinus plantation, at a distance of 10 m between them. The litter decomposition was evaluated by the *litter bags* method, with two types of nylon mesh, one of fine mesh (0.06 mm) and one of thick mesh (2 mm), excluding or including of the soil fauna, respectively. To compose the bags, 5 g of needles (dry weight) were used for each bag. The bags were arranged in lines, exposed for 365 d, with sampling at 60, 180, 240, 300 and 365 d. At each sampling period, 5 bags of each mesh were removed per plot. In addition, the soil fauna feeding activity was evaluated in each plot using *bait-lamina* test, with bait composed of 70% cellulose, 27% wheat flour and 3% activated charcoal, exposed horizontally for 30 d in each season of the year. The decomposition of the needles was significantly higher in the bags with greater mesh opening during periods of 60 to 300 d. However, in the last period evaluated, the bags of fine mesh have a lower percentage of mass remaining. In spite of the differences presented in different moments of evaluation between the bags of fine mesh and coarse mesh, in ecological terms, no differences can be considered, since if we consider the time for the decomposition of 95% of the material, this time was estimated in 1810 d for the fine mesh bags and 1937 days for the coarse mesh bags, excluding and allowing the soil fauna, respectively. The results corroborate what other studies have already pointed out about the decomposition of pine needles, indicating that the process is largely due to the action of microorganisms and with less participation of edaphic invertebrates. The exposure time used for the *bait-lamina* was sufficient to detect the difference between the seasons and indicated greater fauna activity in the summer. The present work brings a contribution to the understanding of the process of decomposition of the litter in *P. taeda* stands in the mesoregion of Santa Catarina, and on the participation of the edaphic fauna on this process.

Keywords: *Bait-lamina*. Soil invertebrates. *Litter bags*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho amostral das análises realizadas em plantio de <i>Pinus taeda</i>	22
Figura 2 – Bolsa de decomposição.....	23
Figura 3 – Iscas <i>bait-lamina</i> dispostas horizontalmente sobre a serrapilheira em plantio de pinus.....	25
Figura 4 – Precipitação (mm) e temperatura média (°C) mensal, durante o período de estudo, em Curitiba, SC.....	26
Figura 5 – Massa foliar de acículas de pinus remanescente em bolas de decomposição de malha fina (0,06mm) e malha grossa (2mm), expostas em um plantio de <i>Pinus taeda</i>	28
Figura 6 – Amostra com 365 dias de decomposição (malha fina).....	28
Figura 7 – Atividade alimentar da fauna do solo em diferentes estações do ano, após 30 dias de exposição dos <i>bait-lamina</i>	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Constante de decomposição (K) e tempos necessários para a decomposição de 50% ($t_{0,5}$) e 95% ($t_{0,05}$) da serrapilheira (dias)	30
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	PLANTIOS FLORESTAIS NO BRASIL.....	15
2.2	O GÊNERO <i>Pinus</i>	15
2.3	SERRAPILHEIRA E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM FLORESTAS PLANTADAS	16
2.4	PRINCIPAIS REPRESENTANTES DA MACRO E MESOFAUNA EDÁFICA....	17
2.5	MÉTODO BAIT-LAMINA	19
2.6	BOLSAS DE DECOMPOSIÇÃO – <i>LITTER BAGS</i>	19
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	21
3.2	DELINEAMENTO AMOSTRAL	21
3.3	AVALIAÇÃO DA DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA PELO MÉTODO <i>LITTER BAGS</i>	22
3.4	ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA EDAFICA PELO MÉTODO <i>BAIT-LAMINA</i>	24
3.5	ANÁLISE DOS DADOS	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	DADOS METEOROLOGICOS.....	26
4.2	AVALIAÇÃO DA DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA PELO MÉTODO <i>LITTER BAGS</i>	27
4.3	ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA EDAFICA	32
5	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Pinus*, trata-se de um dos mais numerosos e importantes gênero das gimnospermas, inclui espécies produtoras de madeira de características variadas e de grande valor comercial. No Brasil, espécies do gênero são plantadas há mais de um século, muitas delas foram trazidas por imigrantes europeus, para fins ornamentais. Entretanto, em 1970 e 1980 em decorrência do incentivo fiscal, as espécies do gênero começaram a ser plantadas em larga escala. Entre essas espécies destaca-se a espécie *P. taeda*, que atualmente ocupa uma extensa área, sendo os principais plantios localizados no planalto das regiões Sul e Sudeste, onde predomina a ocorrência de clima fresco e inverno frio, com umidade contínua durante o ano. No Brasil, a madeira de *P. taeda* é destinada para a produção de peças serradas, fabricação de móveis, celulose e papel, etc (SHIMIZU, 2008; MARCHIORI, 2005; AGUIAR et al. 2014).

Nos ecossistemas florestais, são diversos os aspectos ecológicos que ainda precisam ser estudados, destacando-se a ciclagem de nutrientes, que é influenciada pela deposição e decomposição da serrapilheira. (VASQUES et al., 2007; VIEIRA; SCHUMACHER, 2010). A serrapilheira é formada pela queda de material orgânico do dossel, como galhos, folhas, casca, etc. (BERG; MCCLAUGHERTY, 2008). A quantidade desta é determinada pela quantidade que cai e pela decomposição desse material no solo. As condições ambientais e o tipo de vegetação são fatores importantes na determinação da qualidade e quantidade do material que chega no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A quantidade de material e a sua decomposição são importantes para a produtividade dos ecossistemas, e isso se deve ao fato de que esses fatores regulamentam a disponibilidade de nutrientes (WANG et al., 2015). Entretanto, a taxa de decomposição varia entre os ecossistemas e entre as escalas geográficas, como as funções da fauna edáfica, o microclima e as condições desses sistemas. Sendo que a decomposição desses resíduos orgânicos envolve uma variedade de organismos do solo, que interagem entre si (COLEMAN, et al., 2004).

O sistema solo-serrapilheira é o habitat natural para uma variedade de organismos com diferença no tamanho, no hábito alimentar e no metabolismo, e com diferentes funções. A riqueza e a diversidade da fauna edáfica estão relacionadas com a grande variedade de recursos e microhabitats que o sistema solo-serrapilheira proporciona (LAVELLE et al., 1992; LAVELLE, 1996). Esses organismos podem ser classificados em microfauna, mesofauna e macrofauna, de acordo com o seu tamanho corporal.

A fauna do solo desempenha o papel de agente transformador e é reflexo das características físicas, químicas e biológicas do solo e da serrapilheira. São sensíveis aos diferentes tipos de manejo, refletindo as alterações causadas por determinada prática, quando levadas em consideração a fertilidade e a estrutura do solo, e por isso também são usadas como bioindicadoras das modificações do ambiente (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a dinâmica de decomposição das acículas e a atividade alimentar da fauna do solo na camada da serrapilheira em plantio de *P. taeda*.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar a taxa de decomposição da serrapilheira em plantio de *P. taeda* durante 1 ano de avaliações;
- Avaliar a influência da fauna do solo na decomposição da serrapilheira de *P. taeda* durante o período de um ano;
- Determinar os períodos de maior atividade alimentar da fauna do solo em plantio de *P. taeda*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PLANTIOS FLORESTAIS NO BRASIL

Em um cenário global, o setor florestal brasileiro se tornou nos últimos anos um dos mais expressivos, com uma área de 7,8 milhões de hectares de árvores plantadas, sendo responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais do país. As principais espécies plantadas são aquelas pertencentes ao gênero *Eucalyptus e Pinus* que totalizam aproximadamente 93% de toda a área ocupada com espécies florestais (IBÁ, 2017).

Em decorrência das políticas de incentivos fiscais nas décadas de 1970 e 1980, o setor de base florestal teve grande avanço, conseguindo ampliar o estoque de madeira naquela época (FISCHER, 2009; SOARES et al., 2014). Segundo Sousa et al. (2010), o setor florestal é um dos setores que apresenta um dos melhores desempenhos em termos de produção, emprego e renda.

Atualmente, o Estado com maior área plantada de eucalipto é Minas Gerais, seguido do estado de São Paulo e Mato Grosso do Sul. Já em relação as áreas plantadas com pinus, os Estados da Região Sul são os que mais se destacam, sendo, o estado do Paraná com 42 %, e Santa Catarina com 34%. Nos últimos anos, plantios com o gênero *Pinus* estão decaindo, devido, principalmente pela substituição do gênero por eucalipto nos Estados onde a cultura não é convencional. No entanto, nos Estados da Região Sul do Brasil, onde as condições de solo e clima são melhores, a área com plantio de pinus estão se mantendo continuamente (IBÁ, 2017).

Da área total de árvores plantadas do Brasil, 34% pertence às empresas do segmento de celulose e papel. Em seguida, com 29%, encontram-se proprietários independentes e pequenos e médios produtores que investem em plantios florestais para comercialização da madeira *in natura*. Em terceiro lugar, está o segmento de siderurgia a carvão vegetal, representando 14% da área plantada (IBÁ, 2017).

2.2 O GÊNERO *Pinus*

O gênero *Pinus* é pertencente à Família *Pinaceae*, uma das mais importantes na utilização da madeira, compreendendo 9 gêneros e aproximadamente 200 espécies. O gênero é um dos mais importantes entre as gimnospermas, reúne cerca de 90 espécies, e em seu local de

origem são distribuídas pelas regiões do Hemisfério Norte. O mesmo se distingue dos demais componentes da Família pelo fato de apresentar acículas longas, e em decorrência da qualidade da madeira produzida, ganha grande importância no setor florestal (MARCHIORI, 2005).

Trazidas por imigrantes europeus, a maioria das espécies do gênero *Pinus* vem sendo cultivadas no Brasil há mais de um século. Data-se que as primeiras introduções ocorreram por volta de 1880 no Rio Grande do Sul, com a espécie *Pinus canariensis* (SHIMIZU, 2008).

O gênero *Pinus* inclui espécies produtoras de madeira de características variadas e de grande valor comercial. Entretanto, a ampla variação existente nos requisitos ecológicos para o desenvolvimento das espécies, como a resistência aos extremos climáticos, hábitos de crescimento, precipitação e outros aspectos precisam ser analisados na escolha da espécie para os plantios comerciais (SHIMIZU, 2008).

No Brasil, a espécie *Pinus taeda* é a mais plantada do gênero, no total abrange 1,6 milhões de hectares. O planalto da Região Sul do Brasil abrange a maior área de plantio com a espécie, a madeira é destinada principalmente para a produção de celulose, papel, madeira serrada, etc. E em decorrência da melhora da procedência das sementes, os plantios atualmente apresentam maior produtividade e uma melhor qualidade da madeira (AGUIAR et al., 2014; IBÁ, 2017).

A distribuição natural da espécie abrange 14 Estados do sul e sudeste dos Estados Unidos, estendendo-se até o leste do Texas. O *P. taeda* é plantado em maior escala na sua região de origem, sendo o destino final a produção de madeira com finalidade o processamento industrial (MARCHIORI, 2005).

2.3 SERRAPILHEIRA E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM FLORESTAS PLANTADAS

A serrapilheira é constituída por resíduos vegetais, e estes por sua vez, são os principais materiais que estão continuamente se decompondo no solo, sendo uma das principais fontes de matéria orgânica. A decomposição acarreta a quebra de moléculas orgânicas, em componentes menores e mais simples. O tempo de decomposição necessário para encerrar os processos de decomposição e mineralização pode demorar dias ou até mesmo anos, isso se deve principalmente às condições ambientais, do solo e da qualidade dos resíduos que serão a base da cadeia de detritos, servindo de alimento para os organismos edáficos (SAYER, 2006; BRADY; WEIL, 2013; HANDA et al., 2014). A decomposição da serrapilheira está intimamente ligada a três fatores principais: (1) clima (2) qualidade do material (3) natureza e

a abundância de organismos decompositores. Em condições climáticas desfavoráveis, o clima é um fator dominante nessas áreas, enquanto que a qualidade do material precede em grande parte como o regulador em condições de clima favorável (COUTEAUX et al., 1995; GARCIA-PALACIOS et al., 2016).

Em sistemas produtivos, a serrapilheira desempenha função importante, protegendo o solo dos agentes erosivos, fornecimento de matéria orgânica e nutriente para a fauna edáfica e para as plantas, viabilizando a manutenção e a melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e, como consequência, na produção vegetal. Em florestas com solo de baixa fertilidade, o retorno de material formador da serrapilheira é menor do que em solos com maior fertilidade, desenvolvendo meios capazes de conservar os nutrientes através da serrapilheira por meio da interação de fungos e raízes. Já a capacidade de produção de resíduos da parte aérea de cada espécie é muito dependente das características genética da planta, de sua fase de desenvolvimento e das condições ambientais em que se encontra (ANDRADE et al., 2003; SAYER, 2006; BERG; MCCLAUGHERTY, 2004).

A decomposição da serrapilheira possibilita que parte do carbono incorporado na fitomassa pela fotossíntese retorne à atmosfera como CO₂, e os outros elementos absorvidos tornem-se novamente utilizáveis pelas plantas (ANDRADE et al., 2003).

2.4 PRINCIPAIS REPRESENTANTES DA MACRO E MESOFAUNA EDÁFICA

Os organismos edáficos podem interceder e operar nos processos conhecidos como funções ecológicas, que são ações realizadas pela biodiversidade e que influenciam, processos naturais, como a ciclagem de nutriente, manutenção e formação do solo, controle biológico, etc (KORASAKI et al., 2013).

A fauna do solo compreende diversos grupos de invertebrados que vivem na serrapilheira ou abaixo da superfície. Essa fauna é composta por organismos de diferentes tamanhos, atividades e mobilidades, sendo estes classificados de acordo tamanho corporal, como microfauna, mesofauna e macrofauna (ORGIAZZI et al., 2016).

A mesofauna do solo compreende um conjunto de diversos organismos, tais como ácaros e colêmbolos, cujo tamanho varia entre 0,2 a 2,0 mm. Esses organismos vivem principalmente na camada superficial do solo, denominada serrapilheira. Devido ao seu tamanho diminuto, utilizam as galerias escavadas por organismos maiores, como aqueles pertencentes a macrofauna do solo, atuam como transformadores e micropredadores,

contribuindo assim em processos de fragmentação orgânica e em processos regulatórios dentro da biota do solo (LAVELLE, 1997; MORAIS et al., 2013). Os ácaros estão entre os mais diversos, apresentam diversidade alimentar e de habitat, agem como predadores, controlando populações de outros indivíduos no solo, principalmente a microbiota (MELLO et al., 2009). Os colêmbolos ainda não são muito estudados no Brasil, entretanto, exercem funções detritívoras importantes, colaborando para a decomposição da MO e controlando a população de outros organismos como os fungos (MELLO et al., 2009).

A macrofauna é representada por um grupo diverso tanto morfológicamente como comportamentais, que incluem formigas, minhocas, térmitas, entre outros, com diâmetro corporal superior a 2 mm. Influenciam os processos do solo através da escavação, ingestão e transporte de material mineral e orgânico do solo. Podem afetar a dinâmica de matéria orgânica, pois utilizam ela como alimento (AQUINO et al., 2005; KORASAKI et al., 2013).

As formigas estão entre os grupos de insetos mais dominantes nos ecossistemas terrestres, apresentam uma variedade de hábitos alimentares, como espécies onívoras, predadoras especialistas ou generalistas, podendo apresentar papel de predador ou de consumidor primário, colaborando na ciclagem de nutriente e no equilíbrio de outras populações de invertebrados. Quando abundantes, podem afetar os processos do solo através das suas atividades de nidificação (BARDGETT, 2005; KORASAKI et al., 2013).

Já as minhocas estão entre as mais conhecidas da macrofauna, compondo a maior parte da biomassa do solo (BARDGETT, 2005). As galerias de minhocas, seja elas vazias ou preenchidas com seus excrementos, oferecem vias pelas quais as raízes das plantas podem penetrar nas camadas do solo. As minhocas tem preferência por solos frescos, úmidos e bem-aerados, supridos por material orgânico decomponíveis. Quando presentes em solos com uma grande quantidade de predadores, solos muito arenosos, ou que estejam diretamente em contato com adubos amoniacais, aplicações de inseticidas e preparo do solo, a abundância de populações de minhocas tende a diminuir (BRADY; WEIL, 2013).

Os cupins constroem uma grande rede de ninhos e túneis no solo, com isso, movimentam partículas do solo, formam agregados e aumentam a porosidade, infiltração e drenagem do solo. Costumam se alimentar de materiais celulósicos, acelerando a decomposição e reciclagem de nutrientes que ficam retidos no material vegetal morto, além de, apresentarem simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio (MELLO et al., 2009).

2.5 MÉTODO BAIT-LAMINA

Existem diversos grupos funcionais de invertebrados de solo, entretanto os que estão diretamente relacionados à decomposição são os transformadores da serrapilheira, como ácaros, colêmbolos, isópodos, minhoca entre outros (LAVELLE, 1996). Desta forma, considera-se que medidas do consumo alimentar da biota do solo são indicadoras de taxas de decomposição e da integridade funcional do solo (FILZEK, 2004).

O método *bait-lamina* (VON TORNE, 1990) se baseia na exposição de lâminas no solo, que possuem pequenos orifícios ao longo do seu comprimento, e estes orifícios são preenchidos manualmente com uma massa de celulose. As lâminas são deixadas expostas por um determinado período de tempo e assume-se que a ausência da mistura orgânica dos orifícios está relacionada com o consumo alimentar dos invertebrados do solo que estão ligados a decomposição e transformação da serrapilheira (PODGAISKI et al., 2011).

No Brasil, o primeiro trabalho foi realizado na Amazônia por Rombke et al., (2006), que teve por objetivo comparar a taxa alimentar em diferentes sistemas florestais na Amazônia. Podgaiski et al. (2011) utilizaram o método de *bait-lamina* para avaliar a atividade alimentar dos invertebrados nos campos do Sul do Brasil, comparando uma área campestre com pastejo com uma área sem a interferência de pastejo. Ajustes no tempo de exposição das iscas são necessários a depender do bioma onde são expostos, onde fatores como temperatura e umidade influenciam na taxa de consumo das iscas pelos invertebrados.

2.6 BOLSAS DE DECOMPOSIÇÃO – *LITTER BAGS*

Em florestas nativas ou plantadas, a maioria da matéria orgânica (MO) acumulada na superfície é constituída de material vegetal, decorrente da contínua deposição de serrapilheira (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A comunidade do solo, de acordo com sua natureza e abundância, também exerce efeito regulador no processo de decomposição. Grande parte da decomposição é efetuada pelos microrganismos, que apresentam capacidade mais apropriada para a quebra da serrapilheira (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Quando sob as mesmas condições edafoclimáticas, a taxa de decomposição do folheto de diversas espécies florestais pode variar conforme a qualidade do substrato (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002).

A comparação da decomposição do folhiço em povoamentos puros ou em misto e, ou, em floresta natural, permite avaliar possíveis alterações decorrentes de técnicas de manejo aplicadas e inferir sobre a sustentabilidade das plantações. Em solos de baixa fertilidade, o acúmulo e a decomposição da serrapilheira podem servir de indicadores de diferenças entre os dois sistemas, puro e misto, em especial no que tange à disponibilidade de nutrientes para as plantas (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002).

As bolsas de decomposição ou *litter bags* (Bocock e Gilbert, 1957) são um método conhecido para avaliar a decomposição do folhiço nos ecossistemas. Elas consistem em sacolas de nylon, cujas dimensões da malha variam de acordo com o objetivo do estudo. Geralmente, os orifícios variam de 2mm a 4 mm, permitindo a livre circulação da água, nutrientes e da fauna decompositora no sistema solo-serrapilheira, em alguns casos o tamanho da malha pode ser inferior a 2 mm. Em cada bolsa são adicionadas aproximadamente 10 gramas de folhas do material aportado nos coletores cônicos após esse ter sido seco em estufa até peso constante (SCORIZA et al., 2012).

As bolsas de decomposição são distribuídas aleatoriamente na superfície da área escolhida, simulando a queda natural do material formador da serrapilheira. Este método consiste numa forma de avaliação direta da taxa de decomposição da serrapilheira, pois se dá por medidas de perda de massa do material formador de serrapilheira ao longo de um intervalo de tempo (SCORIZA et al., 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

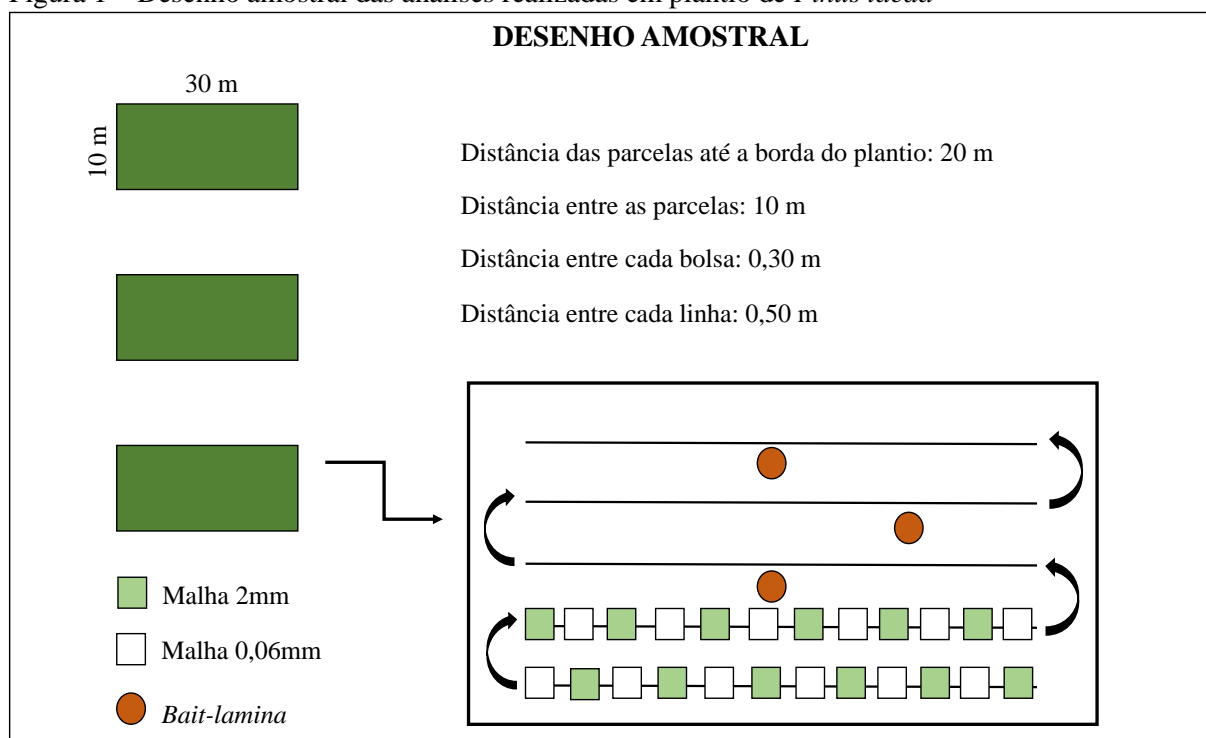
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo está situada nas proximidades da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, localizado no município de Curitibanos, mesorregião serrana de Santa Catarina, em uma altitude de 987 m. O clima segundo Köppen-Geiger é temperado (Cfb), mesotérmico úmido e com verão ameno, apresentando temperatura média anual entre 16°C e 17°C. O bioma caracteriza-se como Mata Atlântica e a fitofisionomia Floresta Ombrófila Mista ou Mata de Araucária. De acordo com Barbosa et al., (2017), o solo da região é caracterizado como Cambissolo Húmico Alumínico muito argiloso. O estudo foi realizado em um plantio particular de *P. taeda*, pertencente à empresa Gaboardi. O plantio foi estabelecido no ano de 2005, em um espaçamento de 2,5 x 2,5 m. atualmente está com 13 anos de idade. O plantio passou por dois desbastes, o primeiro no ano de 2013 e o segundo em 2017, o mesmo está sendo manejado para produção de madeira para serraria, processamento em geral e para o consumo próprio da empresa. Para o estudo, foram utilizados dados de temperatura e precipitação mensais da região, fornecidos pelo CIRAM/EPAGRI.

3.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

Na área foram delineadas três parcelas de 10 m X 30 m, totalizando uma área de 300 m² por parcela, sendo estabelecida uma distância de 10 m entre elas e 20 m da borda. A distribuição e organização das análises realizadas seguiram o desenho amostral demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Desenho amostral das análises realizadas em plantio de *Pinus taeda*



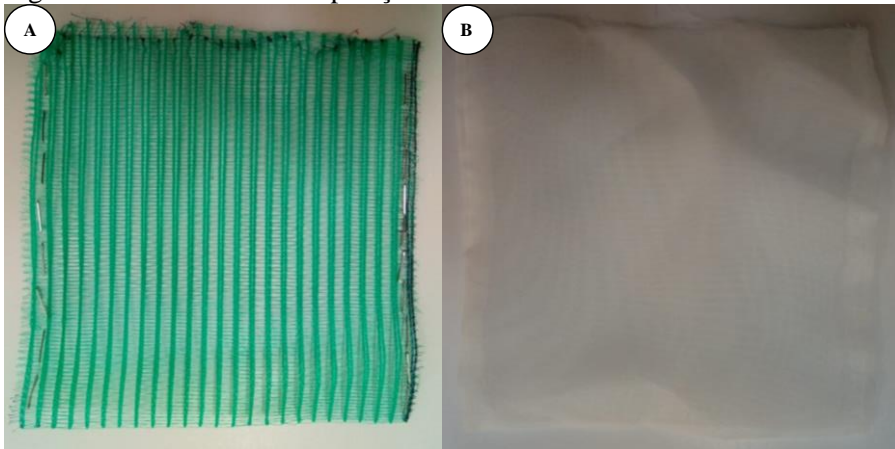
Fonte: O Autor

3.3 AVALIAÇÃO DA DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA PELO MÉTODO *LITTER BAGS*

Inicialmente, foi necessário coletar o aporte de serrapilheira (acículas de *P. taeda*). Acículas recém-caídas foram coletadas por coletores (1x1m) e transportadas para o laboratório de Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina, onde foram secas em estufa de circulação e renovação de ar a 65°C, até atingir peso constante (cerca de 7 dias).

Após secagem, as acículas foram acondicionadas em bolsas de nylon (*litter bags*), com malha de 0,06 mm e 2 mm, denominadas aqui como bolsas de malha fina e grossa, respectivamente, com dimensões de 15 cm × 15 cm (Figura 3). O objetivo foi ter bolsas que excluíssem a entrada da macro e mesofauna edáfica (malha fina) e bolsas que permitissem a entrada destes organismos (malha grossa), permitindo assim monitorar a decomposição com e sem a presença da fauna. Foram utilizados 5 g de acículas secas em cada bolsa. As bolsas em cada parcela foram dispostas em linhas, com equidistância de 0,50 m entre elas, e de 0,30 m entre as bolsas, totalizando 60 bolsas de cada malha por parcela.

Figura 2 – Bolsas de decomposição



A: bolsa de malha grossa (2mm); B: bolsa de malha fina (0,06mm)
Fonte: Autor

Em decorrência do manuseio e do transporte das bolsas de decomposição até a área do experimento, a perda mecânica das acículas até a chegada na área foi estimada em 10 bolsas, as quais retornaram ao laboratório para uma nova pesagem. Esse procedimento é necessário para que se possa fazer uma correção nos cálculos da taxa de decomposição, descontando essa perda mecânica.

As bolsas de decomposição ficaram exposta por um período de 365 dias, com retiradas aos 60, 120, 180, 240, 300 e 365 dias. Em cada época de retirada, recolheu-se 5 bolsas de cada malha (aleatoriamente), por parcela, para estimar as taxas de decomposição.

As coletas ocorreram de maneira minuciosa, para evitar a perda de material, colocando sempre o material em embalagens plásticas. Em laboratório, as amostras passaram por um processo de limpeza, com o auxílio de pinça e pincel para a retirada de outros materiais como raízes de pinus e plantas do sub-bosque, insetos, solo ou outro material que não fosse proveniente do material das bolsas. Em seguida, o material foi colocado em estufa regulada a 65 °C, até atingir peso constante para posterior pesagem e determinação do peso seco.

A taxa de decomposição da serrapilheira foi calculada pela expressão:

$$MR\% = (Mf / Mi) \times 100 \quad (1)$$

Em que: MR% = percentual do peso seco de acículas remanescentes; Mf = peso seco de acículas remanescente; Mi = peso seco inicial das acículas.

Após o cálculo da massa remanescente ao logo do período, a constante de decomposição k foi calculada, segundo Thomas e Asakawa (1993), com o modelo exponencial:

$$X_t = X_o \cdot e^{-kt} \quad (2)$$

Em que: X_t = peso do material seco remanescente após t dias; X_o = peso do material seco colocado nas bolsas no tempo zero ($t = 0$).

O tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) foi calculado segundo Rezende et al. (1999), que expressa o período de tempo necessário para que metade dos resíduos se decomponha ou para que metade dos nutrientes contidos nesses resíduos seja liberada (ESPINDOLA et al., 2006), o tempo equivalente a decomposição de 95% do resíduo também foi estimado. Considerando-se a seguinte equação:

$$T_{1/2} = \ln(2) / K \quad (3)$$

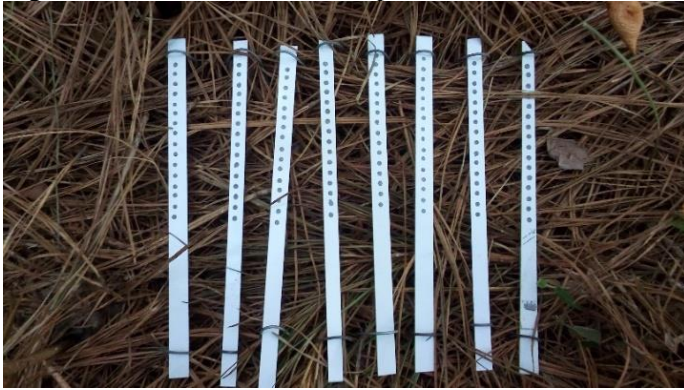
$$T_{95\%} = 3 / K \quad (4)$$

Em que: $\ln(2)$ e 3 é um valor constante e K = constante de decomposição calculada pela fórmula anterior ($X_t = X_o \cdot e^{-kt}$).

3.4 ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA EDAFICA PELO MÉTODO *BAIT-LAMINA*

Para avaliação da atividade alimentar da fauna edáfica, utilizou-se o método de *bait-lamina* (lâmina-isca) desenvolvido por Von Torne (1990) e padronizado pela norma ISO 18311 (ISO, 2016). Este método consiste na utilização de lâminas plásticas com 120 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. Os orifícios da lâmina foram preenchidos manualmente com uma mistura orgânica contendo 70% de celulose, 27% de farinha de trigo e 3% de carvão ativado. Para o experimento em questão, avaliou-se a atividade alimentar da fauna edáfica com o método de *bait-lamina* nas quatro estações do ano, entretanto, optou-se por utilizar as lâminas no sentido horizontal, ou seja, sobre a serrapilheira e não como comumente é utilizado, enterrado no solo (Figura 3).

Figura 3 – Iscas *bait-lamina* dispostas horizontalmente sobre a serrapilheira em plantio de pinus



Fonte: O Autor.

Utilizou-se ao total 96 *bait-lamina* para cada estação do ano, sendo estes distribuídos entre as parcelas. Cada parcela recebeu 32 *bait-laminas*, distribuídos em três grupos de 8 *bait-lamina* cada. Os *bait-lamina* horizontais foram presos na superfície com um arame em formato de “U” invertido.

As lâminas ficaram expostas a campo por um período de 30 dias. Ao final deste período, as lâminas foram retiradas com cuidado e ainda no campo foram analisadas visualmente contra a luz, contabilizando-se os orifícios com mais de 30% de consumo.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados de decomposição da serrapilheira (% remanescentes para cada tipo de bolsa (malha 0,06 e 2 mm), e para cada período de exposição) foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) seguindo um delineamento de blocos casualizados, por meio do programa estatístico R Studio®. Adotou-se o teste de Tukey a 5% de significância para comparação das médias e o Coeficiente de Correlação de Pearson para medir o grau de correlação linear entre a taxa de decomposição e duas variáveis quantitativas (temperatura e precipitação).

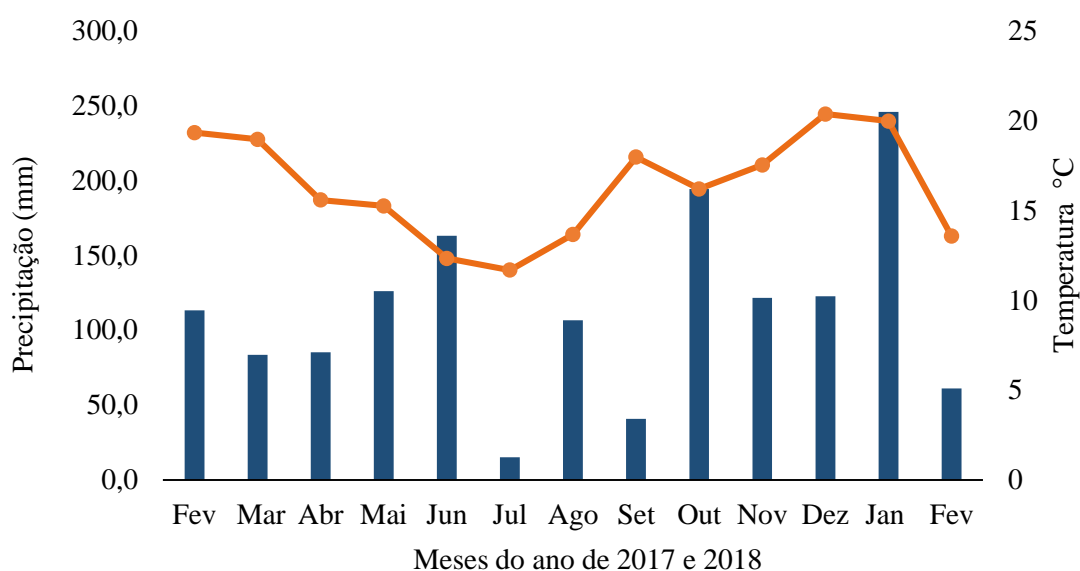
A porcentagem de consumo dos *bait lamina* foi comparada entre as estações do ano usando ANOVA seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$), usando o pacote estatístico Graph Pad Instat (versão 3.06).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DADOS METEOROLOGICOS

Os dados meteorológicos obtidos na estação meteorológica do CIRAM/EPAGRI (área experimental da UFSC), podem ser observados na Figura 4. Para o período de estudo estão de acordo com o esperado para a classificação do clima da região.

Figura 4 – Precipitação (mm) e temperatura média (°C) mensal, representadas pelas barras azuis e linha laranja, respectivamente, durante o período de estudo, em Curitibaanos, SC.



Fonte: O Autor

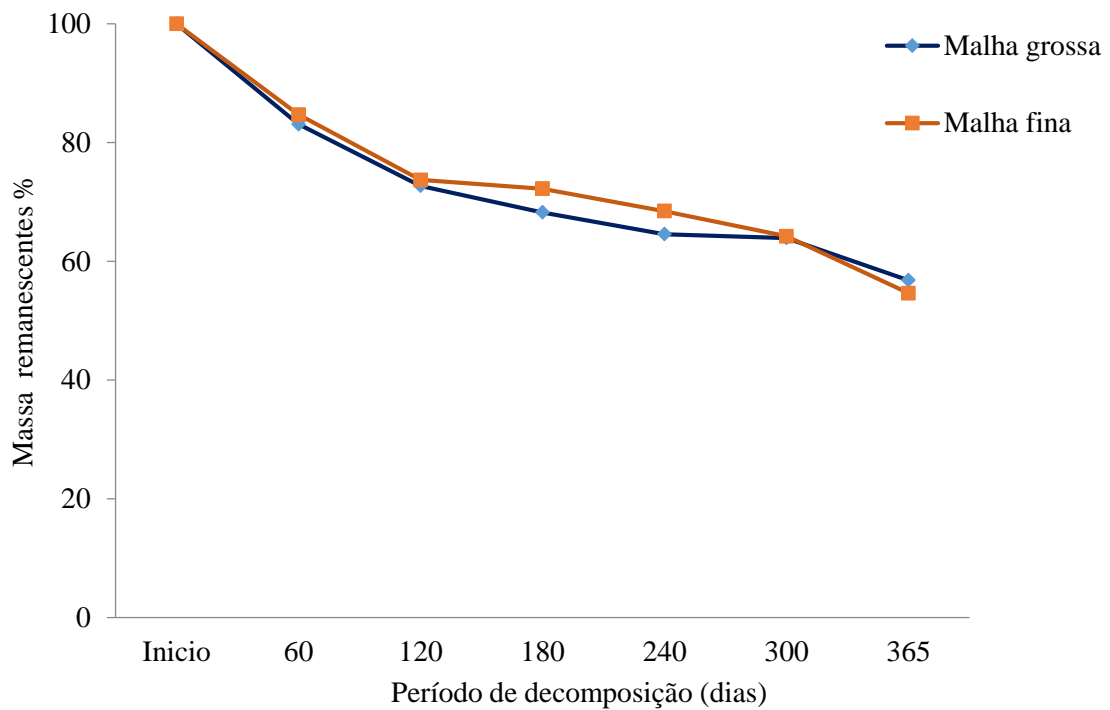
O total de precipitação pluviométrica no período do estudo foi de 1478,2 mm, os maiores valores foram registrados nos meses de outubro de 2017 e janeiro de 2018 e os menores nos meses de julho e setembro de 2017. A maior temperatura média ocorreu no mês de dezembro de 2017 e a menor no mês de julho de 2017. Tanto a precipitação quanto a temperatura variaram ao longo do período de estudo.

4.2 AVALIAÇÃO DA DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA PELO MÉTODO *LITTER BAGS*

Na Figura 5 estão apresentadas as porcentagens médias de decomposição do material foliar com diferentes períodos de permanência no piso florestal. Observou-se diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os dois tipos de malha utilizados, ou seja, incluindo ou excluindo a macro e mesofauna edáfica. As bolsas com a malha grossa apresentaram maior percentual de decomposição quando comparada às de malha fina. Entretanto, é possível perceber que, até os 300 dias de exposição, a malha grossa apresentou uma menor porcentagem de remanescente. Aos 365 dias, nota-se que as bolsas de malha fina apresentaram uma porcentagem menor de massa remanescentes. Ou seja, a bolsa de malha grossa apresentou maior decomposição até a penúltima avaliação, e somente aos 365 dias as bolsas de malha fina apresentaram maior percentual de decomposição. Efeito contrário foi observado por Li, et al. (2015), onde nos primeiros 6 meses a decomposição foi retardada nas bolsas de malha grossa (2 mm) em comparação com as bolsas de malha fina que não permitiam o acesso da fauna do solo. Porém, ao final do estudo, os autores concluíram que as bolsas que permitiram a entrada dos invertebrados do solo apresentaram maior decomposição em todas as diferentes combinações de serrapilheira utilizadas. Resultados semelhantes também foram observados por Handa et al. (2014), ao estudarem a decomposição em regiões com clima boreais, temperados e mediterrâneos.

Após 365 dias a decomposição foliar foi de 43,2% no material das bolsas de malha grossa e 45,4% nas bolsas de malha fina. Em relação à dinâmica de decomposição, a perda de massa foi mais acelerada nos primeiros 60 dias, nos dois tipos de bolsa, indicando que o processo não é constante ao longo do ano, sendo maior nos meses iniciais. Segundo Tauk (1990) e Preston et al. (2009), no solo a decomposição do material orgânico ocorre de forma mais rápida no início, por se tratar da decomposição do material orgânico mais lábil, e posteriormente, em um processo mais lento, ocorre a degradação do material mais resistente.

Figura 5 – Massa foliar de acículas de pinus remanescente em bolsas de decomposição de malha fina (0,06mm) e malha grossa (2 mm), expostas em um plantio de *Pinus taeda*.



Fonte: Autor

A umidade da serrapilheira foliar, proporcionada pelo microclima, pode ser um fator importante no processo de decomposição. Nas bolsas de decomposição de malha fina, observou-se visualmente maior umidade das acículas, como também a presença micélios de fungos, visíveis a olho nu (Figura 6).

Figura 6 – Amostra com 365 dias de decomposição (malha fina).



Fonte: O Autor

Características semelhantes como micélios de fungos também foram observadas por Gama-Rodrigues e Barros (2002) ao estudarem a decomposição de espécies do gênero *Eucalyptus*. Bokhorst e Wardle (2013), ao estudarem em laboratório o efeito do tamanho de malhas para a decomposição, constataram que a entrada de água nas bolsas diminuiu com o aumento do tamanho da malha, parecendo estar relacionada com a formação de gotas na superfície das bolsas. Segundo os autores, dependendo das condições locais de umidade, a diferença no conteúdo de água entre as bolsas com diferentes tamanhos de malha pode afetar as taxas de decomposição.

Outro fator que pode ter contribuído para as taxas de decomposição são as características da espécie, pois se trata de uma conífera, e estas segundo alguns autores como Binkley e Giardina (1998); Augusto et al. (2014), diferem das outras espécies, principalmente pelas características funcionais, como a estrutura foliar (índice de área foliar), composição química (principalmente hemicelulose) e capacidade fotossintética.

Em povoamentos de *Pinus pinaster*, em Portugal, durante o período de 733 dias de decomposição, Cortez et al. (2007) encontraram 34% de perda de massa do material. Segundo os autores, a baixa perda de massa foliar pode estar relacionada às condições ambientais dos locais estudados, ou a diferença na quantidade de lignina, sendo esta superior em acículas de pinus. Os mesmos autores observaram ainda que a perda de massa ocorreu de forma semelhante durante todo o processo de decomposição, diferindo da espécie de eucalipto, que apresentou decomposição mais rápida na fase inicial.

Acreditava-se que a decomposição houvesse sido influenciada pelos fatores abióticos, como precipitação ou temperatura. Porém, ao estudar a correlação desses dois fatores com as taxas de decomposição, isso não foi observada correlação entre precipitação ou temperatura e a decomposição das bolsas nas análises de Coeficiente de Correlação de Pearson. Quando comparado precipitação e bolsas de malha grossa, o valor de $p = 0,78$ e o $R = 0,14$, e com a bolsa de malha fina, o $p = 0,59$ e o $R = 0,27$; para a temperatura, o $p = 0,92$ e $R = 0,05$ para malha grossa, e $p = 0,69$ e $R = 0,20$. Entretanto, outros autores como Coûteaux et al. (2002) relatam que a temperatura tem forte influência na decomposição de compostos químicos como a hemicelulose. Salah e Scholes (2011), ao estudarem o efeito da temperatura para decomposição da serrapilheira em plantios de *Pinus patula*, na África do Sul, constataram a forte influência da temperatura para a decomposição, sendo esta maior quando em temperaturas mais elevadas, as temperaturas mais altas contribuíram significativamente para a quantidade de CO_2 produzido quando comparado a menores temperaturas.

Gama-Rodrigues et al. (2002), estudando a decomposição de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla*, *in situ*, floresta natural e plantios de *Joannesia princeps* (espécie nativa), observaram que as condições ecofisiológicas da floresta natural proporcionaram maiores taxas de decomposição do folhiço de eucalipto, durante um ano, do que do próprio povoamento de eucalipto. Entretanto, em plantios da espécie nativa ocorreu uma redução da taxa de decomposição da serrapilheira. Ainda segundo os mesmos autores, as interações dos fatores abióticos e bióticos que regem a funcionalidade dos ecossistemas florestais atuam de forma negativa ou positiva na velocidade de decomposição, ou seja, mesmo em nível local, o processo de decomposição não é influenciado apenas pela qualidade do substrato, mas também pela qualidade do ambiente.

Para o cálculo da constante de decomposição k , levou-se em consideração o último período de avaliação (365 dias), sendo assim, as taxas de decomposição (k) foram maiores nos detritos foliares presentes nas bolsas de malha finas (0,06 mm) do que nas de malha grossa, conseqüentemente, o tempo estimado para decompor 50% e 95% do total do resíduo vegetal é menor (Tabela 1). Segundo este cálculo, o tempo médio de renovação da serrapilheira seria superior a 1 ano para o folhiço em ambos os tratamentos.

Tabela 1 – Constante de decomposição (K) e tempos necessários para a decomposição de 50% ($t_{1/2}$) e 95% ($t_{95\%}$) da serrapilheira (dias).

<i>Pinus taeda</i>	$\text{kg.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$	$T_{1/2}$ (dias)	$T_{95\%}$ (dias)
<i>Litter bags</i> (malha 0,06 mm)	0,0017	418	1810
<i>Litter bags</i> (malha 2 mm)	0,0015	448	1937

Fonte: O Autor

Os valores obtidos para os coeficientes k são próximos aos observados para outras formações florestais. Grugiki et al. (2017), em florestas secundária, em plantios de *Sapindus saponária*, *Accacia mangium* e *Havea brasiliensis* no sul do Espírito Santo, encontraram valores de k entre 0,0013 e 0,0024 $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, Cunha Neto et al. (2013), em florestas secundárias e plantios homogêneos de *Acacia mangium*, *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus urograndis*, em Além Paraíba, Minas Gerais, encontraram valores de k entre 0,0013 e 0,0034 $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ e um tempo de meia-vida variando entre 203 e 533 dias. Em experimento com plantios de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* em Eldorado do Sul – RS, Vieira et al. (2014), observaram que o tempo necessário para decomposição de 50 e 95% da fração folha foi de 1,56 e 6,75 anos, respectivamente, valores esses superiores aos observados no presente trabalho. Os

autores relatam que esses resultados são decorrentes de vários fatores, como o clima, a espécie, pois cada uma possui exigências nutricionais e ciclos bioquímicos distintos, ou a idade dos povoamentos e as práticas silviculturais aplicadas.

Vários autores (Thomas, 1968; Prescott et al. 2000; Morrison, 2003), discutem que a forma de manejo dos povoamentos florestais pode influenciar a colonização da camada de acículas dos povoamentos. Quando não são realizados desrama e desbaste, o dossel da floresta protege a serrapilheira da incidência solar, permitindo um microclima mais úmido, estimulando a decomposição. Entretanto, em povoamentos onde é realizado um sistema de manejo, ou até mesmo onde há morte natural de algumas árvores, há incidência de maior insolação sobre a serrapilheira e o solo, alterando assim o microclima. Diante dessas diferentes condições ocorre uma influência sobre a decomposição e ou sobre a diversidade biológica associada. Quando presente outro tipo de material orgânico, como gramíneas ou folhas de outras espécies arbóreas, a decomposição das acículas pode ou não ser afetada. Auer et al. (2006), ao estudarem fungos em acículas da serrapilheira de *Pinus taeda*, em Três Barras – SC, concluíram que rotações mais longas de plantios florestais de pinus possuem maior diversidade fúngica, possibilitando maiores taxas de mineralização dos nutrientes dos que as rotações mais curtas.

A fauna do solo é um importante colaborador para a decomposição da serrapilheira, entre eles merece destaque os microrganismos, que desenvolvem diversas atividades que são indispensáveis para a manutenção das comunidades vegetais e animais (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). As alterações químicas da matéria orgânica (GAVAZOV, 2010) a degradação dos componentes, como da lignina e celulose que são os principais compostos encontrados na serrapilheira (PRESTON et al., 2009; PURAHONG et al., 2014) e a liberação de micronutrientes e macronutrientes a partir da decomposição é decorrente principalmente das atividades realizadas por esse grupo (BRADY; WEIL, 2013).

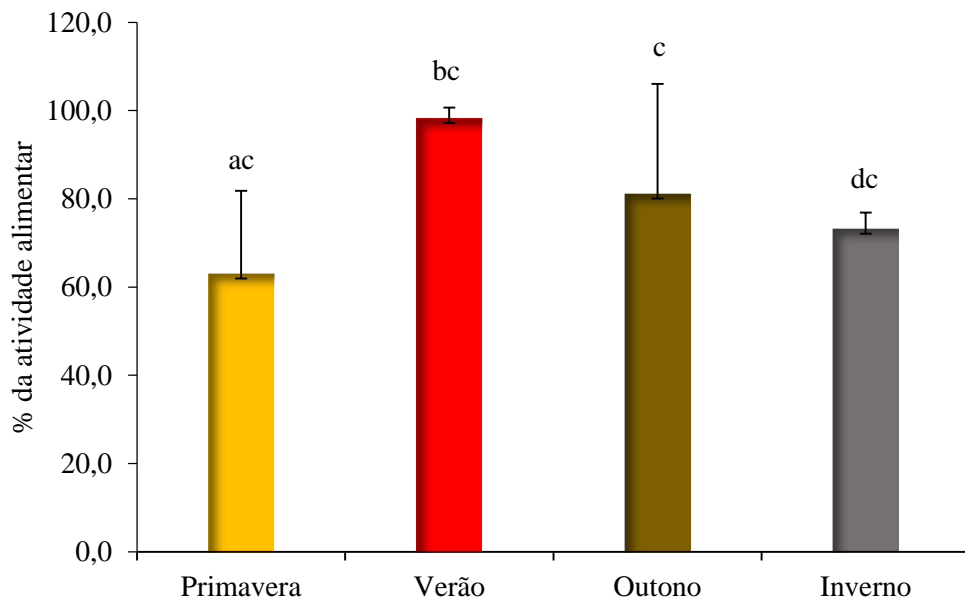
Por mais que as bolsas de malha fina apresentaram uma maior decomposição ao final do experimento, é necessário considerar os dados apresentados para as bolsas de malha grossa, pois, nota-se que a fauna do solo tem grande participação no início da decomposição, provavelmente pelo fato do material inicial a ser decomposto ser mais palatável para a fauna do solo, e por contribuírem para a distribuição, fragmentação e incorporação desse material ao solo (CAÛTEAUX; BERG, 1995; GAVAZOV, 2010; PANT, et al., 2017). Outro fator importante que deve ser considerado é a formação de microclimas dentro das bolsas de decomposição, resultado este, atribuído ao tamanho de malha utilizado para confecção das bolsas. Segundo Aerts, (2006), a decomposição realizada por microrganismos é fortemente dependente do

microclima, inclusive aquele formado nas bolsas de decomposição. Bokhorst e Wardle (2013), ao tentarem esclarecer se os estudos com *litter bags* utilizando diferentes tipos de malha são válidos, constataram que, a perda de material fragmentado por lixiviação, o regime de luz e a temperatura diferiram entre os tipos de malha avaliadas, os mesmos concluem que o tamanho de malha tem potencial para afetar as taxas de decomposição, independente do efeitos dos organismos do solo, e que ao se comparar estudos de decomposição deve-se levar em consideração os locais contrastantes que diferem no clima, fertilidade do solo e outros fatores. Entretanto, o microclima dentro das bolsas de decomposição é fator ainda pouco estudado e que talvez possa causar alguma interferência nos resultados.

4.3 ATIVIDADE ALIMENTAR DA FAUNA EDAFICA

No presente trabalho, o período de exposição de 30 dias mostrou-se ser eficiente para obter altas taxas de decomposição dos *bait-lamina* junto à serrapilheira. As porcentagens mais elevadas de taxas de consumo das iscas foram observadas no verão (98,18%), seguido do outono (81,08%). Já as estações do ano que apresentaram menor atividade foram a primavera (62,93%) e o inverno (73,09%). Diferenças estatísticas foram observadas entre verão, primavera e inverno. Os resultados são apresentados na Figura 7.

Figura 7 – Atividade alimentar da fauna do solo em diferentes estações do ano, após 30 dias de exposição dos *bait-lamina*. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa pela ANOVA seguida de teste de Tukey ($p < 0,05$).



Fonte: O Autor

A atividade e a diversidade da fauna do solo são determinadas por fatores bióticos e abióticos, como clima, condições do solo, atividades do homem, entre outros (AQUINO, 2006). Os resultados do presente estudo corroboram a relação positiva entre a atividade da fauna edáfica, temperatura e umidade, encontrada por outros autores. Silva et al. (2013) ao estudar a fauna edáfica em áreas de restinga no Rio de Janeiro, verificou que a abundância da fauna aumenta do inverno para o verão, e que esses organismos procuram mais a serrapilheira no verão, e o solo, no inverno. Segundo Fernandes et al. (2011), o aumento da temperatura e da umidade no verão favorecem maior atividade da fauna do solo, já a redução da temperatura reduz a atividade, consequência da migração dos invertebrados para as camadas do solo em busca de maior umidade e temperatura.

Utilizando *bait-laminas* dispostos na superfície (horizontais) Podgaiski et al. (2011) observaram menor taxa alimentar dos invertebrados do solo em áreas pastejadas em comparação com a área não pastejada. Os resultados foram atribuídos à menor quantidade de serrapilheira sobre a área e à ação do gado, como a compactação do solo. Os mesmos autores demonstraram que o ensaio com *bait-lamina* mostrou-se eficiente em avaliar a atividade alimentar da fauna edáfica, sendo que, aos nove dias as lâminas dispostas na superfície, já apresentavam algum indício de consumo, e após um mês o consumo chegou a 99%. Em outros ambientes, esta decomposição pode se dar de forma mais rápida, como por exemplo na

Amazônia Central, onde Rombke et al. (2006) encontraram alta taxa de consumo dos *bait lamina* em 4 dias de exposição.

Outros autores constataram diferença na atividade alimentar da fauna edáfica entre as estações do ano. Rozen, et al. (2010), que avaliaram a atividade alimentar da fauna do solo em monoculturas de 14 espécies florestais, com um tempo de exposição de 42 e 33 dias, constaram que a atividade diferiu entre as espécies arbóreas, sendo mais alta em *Larix decidua* e *Picea abies* nas duas estações do ano estudada. Em ambas as estações, a atividade da fauna foi mais alta nas camadas superficiais do solo, sendo mais significativa no verão do que no inverno.

Klimek et al. (2015), ao estudar a atividade alimentar em sete formações florestais na Polônia, e relacionar com as propriedades físicas e químicas do solo a partir de análises de regressão, constatou que a atividade alimentar da fauna do solo não era diretamente influenciada por nenhuma propriedade físico-química do solo. Entretanto, alguns autores como Gongalsky et al. (2004), ao estudar a influência de três solos florestais na Rússia sobre a atividade alimentar da fauna do solo, observou que em florestas de *Pinus sylvestris*, com predominância de solos ácidos e alta capacidade de retenção de água, encontrou em duas semanas 13,9% de consumo. E, em florestas com *Picea abies*, onde o solo era um pouco menos ácido, com menor capacidade de retenção de água e menor teor de matéria orgânica, em duas semanas de exposição o consumo chegou a 65,2%, sendo o consumo maior na superfície do solo.

Em geral, os resultados indicaram uma tendência de maior atividade alimentar da fauna edáfica no verão, provavelmente relacionada às altas temperaturas e umidade.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados observado no presente trabalho, é possível concluir que a velocidade de decomposição foi mais rápida nos primeiros meses de exposição das bolsas.

Os resultados corroboraram o que já apontaram outros estudos sobre a decomposição das acículas de pinus, indicando que o processo é em grande parte devido à ação de microrganismos e com menor participação dos invertebrados edáficos.

O método *bait-lamina* mostrou-se eficiente quando disposto na superfície (forma horizontal) para determinar a atividade alimentar da fauna edáfica na superfície do solo. O tempo de exposição de 30 dias foi suficiente para detectar diferenças significativas entre as estações do ano.

Como a área estudada ainda é nova (13 anos) e não passou por vários processos de manejo, os resultados aqui apresentados são limitados para representar o que ocorre em todo o ciclo produtivo, incluindo plantios mais antigos e que receberam outros tipos de manejo, o que pode ter influência sobre o processo estudado.

O presente trabalho traz uma contribuição para o entendimento do processo de decomposição da serrapilheira em povoamento de *P. taeda* na mesorregião serrana de Santa Catarina, e sobre a participação da fauna edáfica sobre esse processo.

REFERÊNCIAS

- AERTS, R. The freezer defrosting: global warming and litter decomposition rates in cold biomes. *Journal of Ecology*, v. 94, p. 713-724, 2006.
- AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. Espécies de pinus mais plantadas no Brasil. EMBRAPA, 2014. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3715&p_r_p_-996514994_topicoId=3229>. Acesso em: 03 mar 2018.
- ANDRADE, A. G.; TAVARES, S. R. L.; COUTINHO, H. L. C. Contribuição da serrapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 55-63, 2003.
- AQUINO, A. M. Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agroecossistema. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Processos biológicos no sistema solo-planta**. Seropédica: EMBRAPA, 2005. p. 47-75.
- AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F. Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo. EMBRAPA, Seropédica, 2005.
- AUER, C. G. et al. Fungos em acículas da serrapilheira de *Pinus taeda* L. em povoamentos com diferentes idades. **Floresta**, v. 36, n. 3, 2006.
- AUGUSTO, L.; SCHRIJVER, A. D.; VESTERDAL, L.; SMOLANDER, A.; PRESCOTT, C.; RANGER, J. Influences of evergreen gymnosperm and deciduous angiosperm tree species on the functioning of temperate and boreal forest. **Biological Reviews**, 2014.
- BARBOSA, J. S. et al. Atributos físicos-hídricos de um cambissolo húmico sob sistema agroflorestal no planalto catarinense. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.
- BARDGELL, R. *The biology of soil: a community and ecosystem approach*. 1. ed. 2005. 255 p.
- BINKLEY, D.; GIARDINA, C. Why do tree species affect soils? The warp and woof of tree-soil interactions. **Biogeochemistry**, v. 42, p. 89-106, 1998.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. 3. ed. Porto Alegre, 2013. 686 p.
- BOKHORST, S.; WARDLE, D. A. Microclimate within litter bags of diferente mesh size: implications for the 'arthropod effect' on litter decomposition. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 58, p. 147-152, 2013.
- COLEMAN, D. C.; JR CROSSLEY, D. A.; HENDRIX, P. F. *Fundamentals of soil ecology*. 2. ed. 2004. 404p.

CORREIA, M. E.; OLIVEIRA, L. C. M.; Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos. EMBRAPA, Seropédica, p. 46, 2000.

CORTEZ, N.; MARTINS, A.; MADEIRA, M. Decomposição de agulhas de *Pinus pinaster* e de folhas de *Eucalyptus globulus* em regiões do interior e do litoral de Portugal. **Revista Ciência Agrária**, v. 30, n. 2, p. 142-158, 2007.

COÛTEAUX, M. M.; BOTTNER, P.; BERG, B. Litter decomposition climate and litter quality. **Tree**, v. 10, n. 2, 1995.

COÛTEAUX, M. M.; ALOUI, A.; BESSON, C. K. *Pinus halepensis* litter decomposition in laboratory microcosms as influenced by temperature and a millipede, *Glomeris marginata*. **Applied Soil Ecology**, v. 20, p. 85-96, 2002.

CUNHA NETO, F. V. et al. Soil fauna as na indicator of soil quality in forest stands, pasture and secondary forest. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 36, p.1407-1417, 2012.

ESPINDOLA, J. A. A. et al. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 30, p. 321-328, 2006.

FERNANDES, M. M. et al. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na flona Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 533-540, 2011.

FISCHER, A. O fomento na indústria de base florestal. **Informe Gepec**, Toledo, v. 13, n. 2, p. 6-19, 2009.

FILZEK, P. D. B. et al. Metal effects on soil invertebrate feeding: measurements using the bait lamina method. **Ecotoxicology**, n. 13, p. 807-816, 2004.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em florestas natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **R. Árvore**, Viçosa, v. 26, 2002.

GAVAZOV, K. S. Dynamics of alpine plant litter decomposition in a changing climate. **Plant Soil**, v. 337, n. 19-32, 2010.

GRUGIKI, M. A. et al. Decomposição e atividade microbiana da serapilheira em coberturas florestais no sul do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

GONGALSKY, K. B. et al. Stratification and dynamics of bait-lamina perforation in three forest soils along a north-south gradient in Russia. **Soil Ecology**, v. 25, p. 111- 122, 2004.

HANDA, I. T. et al. Consequences of biodiversity loss for litter decomposition across biomes. **Nature**, v. 509, 2014.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. Relatório 2017. 2017. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 03 mar 2018.

ISO – INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION. Soil quality - Method for testing effects of soil contaminants on the feeding activity of soil dwelling organisms - Bait-lamina test. ISO 18311. 2016.

KLIMEK, B. et al. Application of the bait-lamina method to measure the feeding activity of soil fauna in temperate forests. **Pol. J. Ecol.**, v. 63, p. 414-423, 2015.

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**. Lavras: Editora UFLA, 2013. p. 352.

LAVELLE, P. et al. Impacto f soil on the properties of soils in the humid tropics. **Soil Science Society of America and American Society of Agronomy**, n. 29, 1992.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**, França, n. 33, 1996.

LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. **Ecological Research**, v. 27, p. 93-122, 1997.

LI, X. et al. Litter mass loss and nutrient release influenced by soil fauna of *Betula ermanii* forest floor of the Changbai Mountains, China. **Applied Soil Ecology**, v.95, p. 15-22, 2015.

MARCHIORI, J. N. C. Dendrologia das gimnospermas. 2. ed. Santa Maria, 2005. 161 p.

MELLO, F. Z. et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. Boletim Informativo da SBCS, 2009.

MORAIS, J. W. et al. Mesofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STURMER, S. L. **O ecossistema solo**. Lavras: Editora UFLA, 2013. p. 352.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2 ed. Lavras, 2006. 729p.

MORRISON, I. K. Decomposition and element release from confined jack pine needle litter on and in the feathermoss layer. **Can. J. Res**, v. 33, p. 16-22, 2003.

ORGIAZZI, A. et al. Global soil biodiversity Atlas. European Commission Publications office of the European Union, Luxembourg, 2016, 176p. Disponível em: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/JRC_global_soilbio_atlas_online.pdf>. Acesso em: 30 maio 2018.

PANT, M.; NEGI, G. C. S.; KUMAR, P. Macrofauna contributes to organic matter decomposition and soil quality in Himalayan agroecosystems, India. **Applied Soil Ecology**, v. 120, p. 20-29, 2017.

PRESTON, C. M. et al. Chemical changes during 6 years of decomposition of 11 litters in some Canadian forest sites. Part 1. Elemental composition, tannins, phenolics, and proximate fractions. **Ecosystems**, v. 12, p. 1053-1077, 2009.

PRESCOTT, C. E. et al. Decomposition of broadleaf and needle litter in forests of British Columbia: influences of litter. Type, forest type, and litter mixtures. **Can. J. Res.**, v. 30, p. 1742-1750, 2000.

PURAHONG, W. et al. Influence of diferente forest system management practices on leaf litter decomposition rates, nutriente dynamics and the activity of ligninolytic enzymes: a case study from central european forest. **Plos One**, v.9, n. 4, 2014

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

REZENDE, C. P. et al. Litter deposition and disappearance in Brachiaria pasture in the atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 54, p.99-112, 1999.

RÖMBKE, J. et al. Feeding activities of soil organisms at four diferente forest sites in central amazonia using the bait lamina method. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, 2006.

ROZEN, A. et al. Soil faunal activity as measured by the bait-lamina test um monocultures of 14 tree species in the siemianice common-garden experimente, Poland. **Applied Soil Ecology**, v. 45, p. 160-167, 2010.

SALAH, Y. M. S.; SCHOLE, M. C. Effect of temperature and litter quality on decomposition rate of *Pinus patula* needle litter. **Procedia Environmental Sciences**, v. 6, p. 180-193, 2011.

SCORIZA, R. N. et al. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta & Ambiente**, v.2, n. 2, p. 01-18, 2012.

SILVA, C. F. et al. Fauna edáfica em área periodicamente inundável na restinga da Marambaia, RJ. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 37, p. 587-595, 2013.

SHIMINUZU, J. Y. *Pinus na silvicultura brasileira*. 1.ed. Colombo, 2008. 223 p.

SOARES, N. S.; SILVA, M. L.; CORDEIRO, S. A. Produto interno bruto do setor florestal brasileiro, 1994 a 2008. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 725-732, 2014.

SOUSA, E. P. et al. Desempenho do setor florestal para a economia brasileira: uma abordagem da matriz insumo-produto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34. n. 6, p. 1129-1138, 2010.

TAUK, S. M. Biodegradação de resíduos orgânicos no solo. **Revista Brasileira de Geociência**, v. 20, p. 299-301, 1990.

THOMAS, W. A. Decomposition of loblolly pine needles with and without addition of dogwood leaves. **Ecology**, v. 49, n. 3, p. 568-571, 1968.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1352, 1361, 1993.

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

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Variação mensal da deposição de serrapilheira em povoamento de *Pinus taeda* L. em área de campo nativo em Cambará do Sul –RS. **Revista Árvores**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 487-494, 2010.

VIEIRA, M. et al. Deposição de serrapilheira e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, p. 327-338, 2014.

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

WANG, Z.; YIN, X.; LI, X. Soil mesofauna effects on litter decomposition in the coniferous forest of the Changbai Mountains, China. **Soil Ecology**, v. 92, p. 64-71, 2015.