

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

**Aporte de Serrapilheira, Fauna Edáfica e Taxa de
Decomposição em Áreas de Floresta Secundária no
Município de Pinheiral, RJ.**

Luciano de Oliveira Toledo

2003



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

**APORTE DE SERRAPILHEIRA, FAUNA EDÁFICA E TAXA DE
DECOMPOSIÇÃO EM ÁREAS DE FLORESTA SECUNDÁRIA NO
MUNICÍPIO DE PINHEIRAL, RJ.**

LUCIANO DE OLIVEIRA TOLEDO

Sob a Orientação do Professor
Marcos Gervasio Pereira

Tese submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de
Magister Scientiae em Ciências
Ambientais e Florestais, Área de
Concentração em Conservação da
Natureza

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2003

634.42098153 Toledo, Luciano de Oliveira, 1974-
T649a Aporte de serrapilheira, fauna edáfica
T e taxa de decomposição em áreas de
floresta secundária no município de
Pinheiral, RJ / Luciano de Oliveira
Toledo. - 2003.
Xv, 80f. : il., mapas, grafs., tab.

Orientador: Marcos Gervasio Pereira.
Dissertação(mestrado) - Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto
de Florestas.

Bibliografia: 75-80.

1. Serrapilheira - Pinheiral(RJ) -
Teses. 2. Fauna do solo - Pinheiral(RJ) -
Teses. 3. Solos florestais - Pinheiral(RJ)
- Teses. I. Pereira, Marcos Gervasio,
1965-. II. Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro. Instituto de Floresta.
III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

LUCIANO DE OLIVEIRA TOLEDO

Dissertação submetida ao curso de Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração em Conservação da Natureza, como requisito parcial para obtenção do grau de **Magister scientiae**, em Ciências Ambientais e Florestais.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/02/2003

Marcos Gervasio Pereira, Ph.D. UFRRJ
(Orientador)

Assinatura
Fátima da Conceição Marques Piña-Rodrigues, Dr^a UniCamp

Assinatura
Ricardo Luiz Louro Berbara, Ph.D., Univ. Dundee, Escócia

Aos meus Pais, Luiz e Edina, meus irmãos, Ana,
Cláudia e Márcio, meu sobrinho Guilherme e meus
amigos irmãos, que são muitos,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Lembrar de todos que contribuíram com a realização deste trabalho é uma tarefa muito difícil, contudo muito importante. À todos citados abaixo agradeço do fundo do meu coração.

Aos meus pais, Luiz Toledo de Sá e Edina Aparecida de Oliveira Toledo, assim como meus irmãos, Ana, Cláudia, Márcio, ao meu amigo / irmão Alexandre, ao meu cunhado / irmão Roberto e por fim ao meu sobrinho Guilherme. Sem vocês seria impossível que eu alcançasse os metas que tenho conquistado.

Ao amigo Marcos Gervasio Pereira, pelo apoio, dedicação e amizade que ele tem devotado a mim e a todos os seus orientados. Certamente é um grande exemplo a ser seguido pelos docentes de hoje e pelos que ainda virão. Cabe aqui um agradecimento especial à Professora Lúcia Helena Cunha dos Anjos, por todo apoio e carinho que nos tem ofertado durante estes seis anos de convivência no Departamento de Solos. Muito obrigado.

Aos amigos Guilherme Bittencourt Liao Eiras e Priscila de Oliveira Maia, pelo apoio no campo e no laboratório, durante a fase inicial desse trabalho.

Aos amigos Lourenço Gonçalves Junior, Bárbara Kushidonti e Wander Demonel de Lima, por fazerem parte da minha vida de maneira tão intensa e autêntica. Muito obrigado pela oportunidade do aprendizado de todos os momentos já vividos até hoje e pelos que ainda virão.

Aos amigos Marcelo Silva Marinho e Roberta Gomes Conceição, pelo apoio na análise da fauna do solo e pela amizade e bons momentos de descontração.

Aos amigos irmãos, Silas Alexandre, André Esteves, Caio, André Bezerra, Tauno, Fábio Vladimir, Luiz Mário, Enderson, Walmor, Robson, Leonardo Magalhães, Fábio Sassá, Fernandão, Alexandre, Gilberto, Adriano, Avelino, Júlio, Zé Mário, Adirson, Léo da Cantina etc., pelos momentos de alegria, troca de experiências e de trabalho.

Aos amigos musicais “calamengais”, Fábio, Tiago, Denis, Alexandre e Ricardinho. Com vocês aprendi o que é o companheirismo e disciplina em altíssimo astral.

À Engenheira Florestal Thaís de Andrade Correa Neto, pelo grande apoio na interpretação dos resultados de fauna do solo.

Aos eternos mestres Carlos Eduardo Gabriel Menezes e José Arimathéa Oliveira. Estes serão sempre grandes exemplos a serem seguidos por mim. Só quem os conhece, pelo menos um pouquinho, sabe quão valorosos eles são.

Às amigas Alexandra, Rosemary, Cristiane, Graziela, Raquel, Elaine, Éricka's, Ingrid, Tati, Priscilla, Eriam, Ana, Renata etc., pela convivência em momentos de alegria, descontração e trabalho.

Ao Engenheiro Florestal Luciano Lopes Reis, pelo apoio e amizade sincera.

Aos produtores que permitiram a realização desta pesquisa em suas terras, Sr. Adilson e Maciano.

A todos os amigos do curso de pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais e do 3º andar do 4º alojamento da Rural, bem como aos amigos e mestres do Departamento de Solos e do Instituto de Florestas.

Aos amigos Felipe Brasil, João Roberto, Luiz Fernando, Marcel, Geovane Barbosa do Nascimento e André Mineiro, pelos ensinamentos e pela proveitosa convivência durante os duros e também descontraídos momentos de aprendizado nas disciplinas e no dia-a-dia do Departamento de Solos.

Ao Curso de Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, pela oportunidade e apoio nas viagens aos congressos, aquisição de material para o experimento, além de todos os quesitos burocráticos.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

BIOGRAFIA

Luciano de Oliveira Toledo, filho de Edina Aparecida de Oliveira Toledo e Luiz Toledo de Sá, nasceu no dia 16 de novembro de 1974, no município de Volta Redonda, sul do Estado do Rio de Janeiro. Em 1992 ingressou no curso técnico em Agropecuária no Colégio Agrícola Nilo Peçanha/UFF. Em 1993 interrompeu o curso técnico devido ao serviço militar obrigatório, onde serviu ao Exército Brasileiro no Pelotão de Cavalaria Blindada da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN), em Rezende, Rio de Janeiro. Retornou ao curso técnico no ano seguinte (1994), concluindo-o em dezembro de 1995. Ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em 1996, e graduou-se no segundo período letivo de 2000. Em março de 2001 ingressou no Curso de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, coordenado pelo Instituto de Florestas da UFRRJ.

“Há um movimento em marcha nos Estados Unidos que os ambientalistas chamam de ecologia profunda. Em poucas palavras, seu princípio básico é o de que todos os seres vivos têm o direito de existir – que os seres humanos não tem nenhum direito de levar outras criaturas à extinção ou de brincar de Deus ao decidir quais as espécies que nos servem e que portanto podemos permitir que vivam. A ecologia profunda rejeita a visão antropocêntrica de que a humanidade fica no centro de tudo que tem valor e que as outras criaturas só tem valor enquanto nos servem. Ao invés disso, diz a ecologia profunda, todas as coisas vivas têm um valor intrínseco - animais, plantas, bactérias, vírus - , e os animais não são mais importantes do que as plantas, os mamíferos não são mais valiosos do que os insetos. A ecologia profunda é parecida com muitas religiões orientais no que diz respeito a considerar todas as coisas vivas como sagradas. Como conservacionista, sou atraído pela filosofia central da ecologia profunda. Assim também acredito que todas as coisas vivas são sagradas. Quando as atividades humanas levam uma de nossas espécies à extinção, considero isso uma traição à nossa obrigação de proteger todo tipo de vida no único planeta que temos.”

James D. Nations

Diretor de Pesquisa, Centro de Ecologia Humana, Austin, Texas, EUA.

In: Biodiversidade (E. O Wilson, 1997), Capítulo 8, Parágrafo I.

SUMÁRIO

RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Importância das florestas tropicais	3
2.2 Clima global	6
2.3 Ciclagem de nutrientes	7
2.3.1 Importação	8
2.3.2 Exportação	8
2.3.3 Estoque de nutrientes	9
2.3.4 Transferências entre compartimentos	11
2.3.5 Fauna do Solo	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Localização	20
3.2 Clima	20
3.3 Geomorfologia	22
3.4 Relevo	23
3.5 Geologia	23
3.6 Solos	23
3.7 Vegetação	24
3.8 Uso das Terras	25
3.9 Unidades de Estudo	26
3.10 Avaliação da fertilidade do solo	29
3.11 Avaliação do aporte de material formador da serrapilheira (MFS)	30
3.12 Avaliação da fauna do solo	31
3.13 Avaliação da taxa de decomposição	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Caracterização da fertilidade do solo	35
4.2 Aporte de material formador da serrapilheira (MFS)	37
4.2.1 Aporte de MFS no ano de 1998	38
4.2.2 Aporte de MFS no ano de 1999	40
4.2.3 Aporte de MFS no ano de 2000	41
4.2.4 Aporte de MFS do ano de 2001 e verão de 2002	44
4.3 Composição química do MFS	45
4.4 Fauna do solo	47
4.4.1 Composição Total da Comunidade de Fauna do Solo	47
4.4.1.1 Grupos taxonômicos	47
4.4.1.2 Grupos funcionais	49
4.4.2 Índices de Diversidade, Uniformidade e Riqueza	50
4.4.3 Distribuição Vertical	54
4.4.4 Variações da Composição Relativa	56
4.4.4.1 Composição relativa dos grupos taxonômicos	57
4.4.4.2 Composição relativa dos grupos funcionais da categoria “outros”	61
4.5 Taxa de decomposição	63
5 CONCLUSÕES	71
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1: Quadro resumo dos remanescentes de Mata Atlântica do Brasil. Fonte: Fundação SOS Mata Atlântica, INPE e Instituto Sócio Ambiental.</i>	5
<i>Tabela 2: Acúmulo de matéria seca e nutrientes em diferentes componentes da parte aérea de <i>Acacia mangium</i> com sete anos de idade (adaptado de HALENDA, 1989)</i>	10
<i>Tabela 3: Influência dos organismos dos solos sobre a ciclagem de nutrientes e estrutura dos solos.</i>	18
<i>Tabela 4: Subdivisão da comunidade de artrópodos em unidades funcionais.</i>	18
<i>Tabela 5: Principais Classes de solos de Pinheiral-RJ.</i>	24
<i>Tabela 6: Unidades de paisagens ocorrentes na bacia do Ribeirão Cachimbal.</i>	25
<i>Tabela 7: Declividade média das áreas de estudo</i>	29
<i>Tabela 8: Teores médios de nutrientes da análise de fertilidade dos solos nas estações do verão e inverno de 1998.</i>	36
<i>Tabela 9: Análises de macro e micronutrientes no tecido vegetal (folhas, ramos, flores, frutos, cascas e outros) do material formador da serrapilheira (MFS) coletado nas áreas de floresta secundária de estágio médio e avançado (FEM e FEA, respectivamente), no município de Pinheiral, RJ.</i>	46
<i>Tabela 10: Quantidade média de macronutrientes aportados ao solo das diferentes áreas no ano de 1998, no município de Pinheiral, RJ.</i>	47
<i>Tabela 11: Quantidade média de micronutrientes aportados ao solo das diferentes áreas no ano de 1998, no município de Pinheiral, RJ.</i>	47
<i>Tabela 12: Número e porcentagem de indivíduos coletados no total. Somatório de duas áreas (floresta secundária de estágio médio - FEM e de estágio avançado - FEA) e de todas as estações por grupo taxonômico, município de Pinheiral, RJ.</i>	48
<i>Tabela 13: Número e porcentagem de indivíduos coletados para os diferentes grupos funcionais.</i>	50

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Formações florestais e ecossistemas associados da Mata Atlântica. Fonte: Fundação SOS Mata Atlântica / ISA, 2000.</i>	4
<i>Figura 2: A qualidade do solo depende do tripé: matéria orgânica, minerais e comunidade de organismos do solo. As interações entre estes componentes são cruciais para a manutenção desta qualidade. Fonte: NEBEL & WRIGHT (1996), adaptado de COSTA (2002).</i>	13
<i>Figura 3: Organismos que atuam no processo de decomposição da matéria orgânica de diversas formas, garantindo a manutenção da qualidade do solo e do sistema que ele abriga. Fonte: NEBEL & WRIGHT (1996), reproduzido e modificado por COSTA (2002).</i>	15
<i>Figura 4: Classificação com base no diâmetro corporal da fauna do solo (SWIFT et al., 1979, modificado).</i>	17
<i>Figura 5: Normais - Temperatura (média das máximas, média e média das mínimas). Fonte: BARBIÉRIE & KRONENBERGER (1994), adaptado de OLIVEIRA (1998).</i>	21
<i>Figura 6: Normais - Precipitação Pluviométrica (em mm H₂O). Fonte: BARBIÉRIE & KRONENBERGER (1994), modificado de OLIVEIRA (1998).</i>	21
<i>Figura 7: Relevo típico da região estudada. Fotografia obtida no início do estudo (dezembro de 1997) à margem de uma das duas áreas de estudo. O fragmento florestal mais próximo, em perspectiva, é parte de uma das duas áreas experimentais.</i>	22
<i>Figura 8: Principais coberturas vegetais verificadas na região: (a) floresta secundária, (b) agricultura e (c) pastagem. Imagem obtida em propriedade particular a 2 km das áreas de estudo, seguindo pela estrada que liga o centro do município de Pinheiral à BR 116 (Rodovia Presidente Dutra).</i>	26
<i>Figura 9: Vista parcial da área de floresta de estágio médio (FEM).</i>	26
<i>Figura 10: Vista parcial da área de floresta de estágio avançado (FEA).</i>	27
<i>Figura 11: Vista lateral do coletor cônico utilizado para coleta de material formador da serrapilheira (MFS).</i>	30
<i>Figura 12: Vista superior do coletor metálico de amostras para análise de fauna do solo.</i>	31
<i>Figura 13: Visão geral de uma pequena bateria de extratores de Berlese-Tüllgreen. Fonte: Costa (2002).</i>	32
<i>Figura 14: Litter bag instalado sobre o piso da floresta, sobreposto em relação à serrapilheira.</i>	34
<i>Figura 15: Teores de carbono orgânico do solo das áreas de floresta secundária inicial e tardia (FEA e FEM), de 0 a 5 cm de profundidade, durante o ano de 1998.</i>	36
<i>Figura 16: Total de material formador da serrapilheira (MFS) nas florestas de estágio médio e avançado (FEM e FEA, respectivamente), no município de Pinheiral, RJ.</i>	38

<i>Figura 17: Flutuação do aporte de material formador da serrapilheira (MFS), das áreas de florestas secundárias de estágio médio e avançado (FEM e FEA, respectivamente), adicionado ao longo do ano de 1998, no município de Pinheiral, RJ.</i>	39
<i>Figura 18: Estratificação do material formador da serrapilheira (MFS) nas áreas de floresta de estágio médio e avançado (FEM e FEA, respectivamente) no ano de 1998, no município de Pinheiral, RJ.</i>	40
<i>Figura 19: Flutuação do aporte de material formador da serrapilheira (MFS), das áreas de florestas secundárias de estágio médio e avançado (FEM e FEA, respectivamente), adicionado ao longo do ano de 1999, no município de Pinheiral, RJ.</i>	41
<i>Figura 20: Estratificação do Material Formador da Serrapilheira (MFS) nas áreas de FEM e FEA, no ano de 1999.</i>	41
<i>Figura 21: Flutuação do aporte de material formador da serrapilheira (MFS), das áreas de FEM e FEA, adicionado ao longo do ano de 2000, no município de Pinheiral, RJ.</i>	43
<i>Figura 22: Estratificação do material formador da serrapilheira (MFS) nas áreas de FEM e FEA, no ano de 2000, no município de Pinheiral, RJ.</i>	44
<i>Figura 23: Flutuação do aporte de Material Formador da Serrapilheira (MFS), das áreas de FEM e FEA, adicionado ao longo do ano de 2001 e verão de 2002.</i>	44
<i>Figura 24: Flutuação da quantidade de material formador da serrapilheira (MFS) para FEA, ao longo dos cinco anos de estudo (1998, 1999, 2000, 2001 e 2002.)</i>	45
<i>Figura 25: Variações espaciais dos índices de Shannon (H) e Pielou (U), na área de FEM, em cada uma das estações avaliadas.</i>	51
<i>Figura 26: Variações espaciais dos índices de Shannon (H) e Pielou (U), na área de FEA, em cada uma das estações avaliadas.</i>	51
<i>Figura 27: Variações espaciais dos índices de Shannon (H) e de Riqueza de Grupos Taxonômicos (R), na área de FEM, em cada uma das estações avaliadas.</i>	52
<i>Figura 28: Variações espaciais dos índices de Shannon (H) e de Riqueza de Grupos Taxonômicos (R), na área de FEA, em cada uma das estações avaliadas.</i>	52
<i>Figura 29: Comportamento do Índice de Riqueza (R) para as áreas de FEM e FEA durante todo o período de estudo.</i>	53
<i>Figura 30: Índice de Shannon nas áreas de FEM e FEA ao longo do estudo.</i>	53
<i>Figura 31: Distribuição vertical em porcentagem para o total de indivíduos nas áreas de FEM e FEA. A diferença estatística é representada por letras (a e b) diferentes, segundo o teste do Qui-quadrado.</i>	55
<i>Figura 32: Distribuição vertical sazonal em porcentagem para o total de indivíduos na área de FEM. A diferença estatística é representada por letras (a e b) diferentes, segundo o teste do Qui-quadrado.</i>	55
<i>Figura 33: Distribuição vertical sazonal em porcentagem para o total de indivíduos na área de FEA. A diferença estatística é representada por letras (a e b) diferentes, segundo o teste do Qui-quadrado.</i>	56
<i>Figura 34: Composição relativa dos grupos taxonômicos de maior densidade na área de FEM em todas as estações estudadas.</i>	58
<i>Figura 35: Composição relativa dos grupos taxonômicos de maior densidade na área de FEA em todas as estações estudadas.</i>	60
<i>Figura 36: Composição relativa da classe “outros”, por grupos funcionais, ao longo do tempo, na área de FEM.</i>	62
<i>Figura 37: Composição relativa da classe “outros”, por grupos funcionais, ao longo do tempo, na área de FEA.</i>	63
<i>Figura 38: Percentual remanescente de folheto na primeira avaliação da decomposição (primavera de 2000) realizada pelo método dos litter bags, nas duas áreas de estudo.</i>	64
<i>Figura 39: Curva exponencial com coeficiente de regressão, relacionados com a primeira avaliação da taxa de decomposição pelo método dos litter bags, da área de FEM (ns = não significativo).</i>	65
<i>Figura 40: Curva exponencial com coeficiente de regressão, relacionados com a primeira avaliação da taxa de decomposição pelo método dos litter bags, da área de FEA (* = significativo a 5% de probabilidade).</i>	66
<i>Figura 41: Percentual remanescente de folheto na segunda avaliação da decomposição (inverno de 2001) realizada pelo método dos litter bags, nas duas áreas de estudo.</i>	66
<i>Figura 42: Curva exponencial com coeficiente de regressão, relacionados com a segunda avaliação da taxa de decomposição pelo método dos litter bags, da área de FEM (ns = não significativo).</i>	67
<i>Figura 43: Curva exponencial com coeficiente de regressão, relacionados com a segunda avaliação da taxa de decomposição pelo método dos litter bags, da área de FEA (ns = não significativo).</i>	67
<i>Figura 44: Percentual remanescente de folheto na terceira avaliação da decomposição (ano de 2002) realizada pelo método dos litter bags, nas duas áreas de estudo.</i>	68

Figura 45: Curva exponencial com coeficiente de regressão, relacionados com a terceira avaliação da taxa de decomposição pelo método dos litter bags, da área de FEM (= significativo a 5 % de probabilidade).* _____ 69

*Figura 46: Curva exponencial com coeficiente de regressão, relacionados com a terceira avaliação da taxa de decomposição pelo método dos litter bags, da área de FEA (** = significativo a menos de 1% de probabilidade).* _____ 70

RESUMO

TOLEDO, Luciano de Oliveira. Aporte de serrapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no Município de Pinheiral, RJ. Seropédica: UFRRJ, 2002. 80p. (Dissertação, Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Conservação da Natureza).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o aporte de serrapilheira, a fauna edáfica e a taxa de decomposição da serrapilheira em duas áreas de floresta estacional semidecidual de sucessão secundária, sendo estas: Floresta de Estádio Médio (FEM) e Floresta de Estádio Avançado (FEA), localizadas no município de Pinheiral, RJ. Para avaliação do aporte de serrapilheira foram instalados 20 coletores cônicos no início do ano de 1998 de forma aleatória dentro das duas áreas. O material vegetal foi coletado de forma sazonal até o mês de março de 2002. Após a coleta o material foi secado em estufa ($65^{\circ}\text{C} \pm 5$) e triado em folhas, ramos, flores, frutos, cascas e outros. Em seguida o material foi triturado e feita a quantificação dos macro e micronutrientes. A fauna do solo foi coletada com o auxílio de um coletor metálico em número de 10 amostras por área. A extração dos organismos do solo e da serrapilheira foi feita em funis de Berlese-Tülgreen, por 15 dias. Os animais foram então armazenados em recipientes contendo ácido salicílico, e posteriormente triados e identificados. A avaliação da taxa de decomposição foi feita utilizando-se o método dos *litter bags*, que foram dispostos aleatoriamente sobre o piso florestal. Foram realizadas três avaliações compostas por 3 repetições. Após coletados, os *litter bags* foram levados ao laboratório, secados em estufa de circulação de ar forçado ($65^{\circ}\text{C} \pm 5$) e pesados em balança analítica de 0,01 g de precisão. A área de FEM apresentou maior variação com relação ao aporte de material formador da serrapilheira (MFS) do que a área de FEA, ao longo do estudo. Na área de FEM o maior valor de MFS aportado foi de $13,14 \text{ ton. ha}^{-1}$ por ano e o menor foi de $9,40 \text{ ton. ha}^{-1}$ por ano. Na área de FEA o maior valor foi de $10,94 \text{ ton. ha}^{-1}$ por ano e o menor foi de $10,72 \text{ ton. ha}^{-1}$ por ano. A entrada do fenômeno *El Niño* nos verões de 2000 e 2002, pode ter influenciado na dinâmica deposicional das duas áreas, sendo que na área de FEM este detalhe foi mais marcante. Quanto à composição química dos nutrientes no material aportado (MFS), não foi observada diferença entre as áreas e estações. Os 6 grupos taxonômicos de maior ocorrência no estudo, dentre os 34 grupos identificados, foram Formicidae (40,12 %), Homoptera (17,43 %), Diptera (17,20 %), Coleoptera (6,70 %), Trichoptera (3,29 %), Hymenoptera (3,16 %), que juntos somam 87,9 % do número total de indivíduos coletados. Estes dados apontam para uma baixa velocidade de degradação da serrapilheira uma vez que o grupo taxonômico dos saprófagos ocorreu em pequenas proporções. Durante todo o estudo observou-se a maior ocorrência dos indivíduos na serrapilheira em detrimento ao solo principalmente na área de FEM. As avaliações da taxa de decomposição indicam que este processo ocorre de maneira lenta, sendo observados valores de massa remanescente entre 83 % área de FEM e 58 % na área de FEA, para a primeira avaliação. Na segunda avaliação os valores de massa remanescentes foram menores, 61 % para a área FEM e 65 % para a área de FEA. Para a terceira avaliação foram observadas os menores percentuais de material remanescente 37 % na área de FEM e 32 % na área de FEA. Em todos as avaliações a função exponencial foi aquela que melhor descreveu a velocidade de decomposição, sendo que para a última avaliação foram observadas as melhores correlações entre as variáveis.

Palavras-Chave: Fauna edáfica, Ciclagem de nutrientes, Decomposição.

ABSTRACT

TOLEDO, Luciano de Oliveira. Litter port, soil fauna and decomposition rate in secondary forests areas in Pinheiral, RJ. Seropédica: UFRRJ, 2002. 80p. (Dissertation, Master Science in Forest and Environment Sciences, Nature Conservation).

This work had as objective to evaluate the port of the litter material, the soil fauna and the decomposition rate of the litter in two semidecidual estacional forest areas, on secondary succession, being these: Forest of Medium Status (FMS) and Forest of Advanced Status (FAS), located in Pinheiral county, Rio de Janeiro, Brazil. For evaluation of it, arrives in port it of litter had been installed 20 conical collectors in the beginning of the 1998 year of random form inside of the two areas. The plant material was collected seasonally until of March, 2002. After the collection the material was dried in a oven ($65^{\circ}\text{C} \pm 5$) and separated in leaves, branches, flowers, fruits, rinds and others. After that, the material was triturated and it was made the quantification of the macro and micronutrients. The soil fauna was collected with the aid of a metallic collector in number of 10 samples for area. The extraction of the soil and the litter organisms was made by Berlese-Tülgreen funnels, per 15 days. The animals then had been stored in glasses contend salicylic acid, and later separated and identified. The evaluation of the decomposition rate was made with litter bags, that had been made use random form on the forest floor. Three composed evaluations with 3 repetitions had been carried through. After collected, them to litter bags they had been led to the laboratory dried in an oven of forced air circulation ($65^{\circ}\text{C} \pm 5$) and weighed in 0.01 g analytical scale of precision. The FMS area presented greater variation with relation to it arrives in port of litter former material (LFM) of that the FAS area, to the long one of the study. In the FMS area the biggest value of 13.14 ton ha⁻¹ arrived in port LFM per year and the 9.40 ton ha⁻¹ minor per year. In the FAS area the biggest value was of 10.94 ton ha⁻¹ per year and the 10.72 ton ha⁻¹ was the minest of the year. The occurrence of the El Niño phenomenon in the summers of 2000 and 2002, could has had an influenced in the depositional dynamics of the two areas, being that in the FMS area this influence was stronger. Differences between areas and stations were not observed in relation of the nutrients chemical composition in the arrived port material (LFM). The 6 taxonomic groups of bigger occurrence in the study, amongst the 34 identified groups, had been Formicidae (40,12 %), Homoptera (17,43 %), Diptera (17,20 %), Coleoptera (6,70 %), Trichoptera (3,29 %), Hymenoptera (3,16 %), that together they add 87,9 % of the total number of collected individuals. These data point to a low speed of the litter degradation which could be explained by the small ratios. During the study it was observed bigger presence of the individuals in the litter in detriment to the soil in the FMS area. The evaluations of the decomposition rate indicate that this process occurs in a slow way, being observed values of remaining mass between 83 % in the FMS area and 58 % in the FAS area, for the first evaluation. In the second evaluation the remaining values of mass had been lesser, 61 % for FMS area and 65 % for the FAS area. For the third evaluation the percentile minors of remaining material 37 % in the FMS area and 32 % in the FAS area had been observed. In all the evaluations the exponential function was the one that better described the decomposition speed, being that it was observed the best correlations between the variable in the last evaluation.

Key words: Edafic Fauna, Nutrient Cycling, Decomposition.

1 INTRODUÇÃO

Na pesquisa sobre a ciclagem de nutrientes destaca-se o conhecimento do funcionamento de um ecossistema sob o ponto de vista de sua manutenção e estágio sucessional em que se encontra. Este estudo pode ser utilizado também para a detecção de distúrbios de origem natural ou antrópica (LOPES *et al.*, 2002).

A ciclagem de nutrientes compreende a trajetória cíclica dos elementos essenciais à vida dos ecossistemas. Resulta de um conjunto de processos interconectados, de forma que os mesmos recursos nutricionais são utilizados em sucessivos períodos de fixação de energia (DELITTI, 1995).

No seu estudo, a quantificação das reservas minerais e orgânicas e suas transferências entre compartimentos são de extrema importância para compreender e comparar os diferentes ecossistemas e suas inter-relações com o meio. Em se tratando do ecossistema florestal, essas reservas acumulam-se na vegetação, nos animais, na serrapilheira e no solo, o que também se observa em sistemas agrícolas e em áreas de pastagem (GOLLEY, 1978).

Os fragmentos orgânicos advindos dos componentes senescentes da parte aérea das plantas, ao caírem sobre o solo, formam uma camada denominada de serrapilheira, que compreende folhas, caules, flores, frutos, bem como restos de animais e material fecal (GOLLEY, 1978). Esta camada orgânica tem sido considerada a principal agente responsável pela ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais tropicais (PRITCHETT, 1979; HAAG, 1987).

A liberação dos nutrientes contidos na serrapilheira ocorre através do processo de decomposição. A sua regulação depende fundamentalmente da atuação da fauna edáfica, que se encontra inteiramente envolvida nos processos de fragmentação da

serrapilheira e estimulação da comunidade microbiana do solo. Modificações na diversidade e densidade têm sido observadas nas comunidades de fauna em solos tropicais, sejam em sistemas florestais, cultivos ou áreas em diferentes estádios de sucessão (LAVELLE & KOHLMANN, 1984). Sendo assim, o conhecimento da estrutura de tais comunidades pode ser utilizado como um indicador do funcionamento do subsistema solo, fornecendo informações sobre o grau de degradação ou recuperação de uma área, além da viabilidade de recuperação desta.

O município de Pinheiral-RJ retrata o histórico de ocupação do médio Vale do Rio Paraíba do Sul, onde os vários ciclos de agricultura praticados de forma errônea, conduziram ao cenário vigente na região, onde se observam ilhas de pequenos fragmentos florestais em meio a áreas extensivas de pastagem e, em menor escala, de agricultura de subsistência.

Este estudo tem como principal objetivo a avaliar a contribuição de florestas secundárias de mata atlântica do médio vale do Paraíba do Sul no processo de ciclagem e manutenção dos nutrientes no solo. São objetivos específicos: (1) a caracterização do aporte de material formador da serrapilheira (MFS), (2) avaliação da taxa de decomposição da mesma e (3) da fauna edáfica em duas áreas de floresta secundária em diferentes estádios sucessionais.

Para realização deste trabalho partiu-se do pressuposto de que as áreas estudadas possuem um comportamento diferenciado em relação ao aporte de serrapilheira, à fauna do solo e à taxa de decomposição, em função da distância sucessional existente entre elas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Importância das florestas tropicais*

O conhecimento sobre as florestas tropicais tem um papel fundamental na elaboração de estratégias mundiais para a conservação da natureza, preparando o homem moderno para as mudanças que se farão necessárias, face à limitação dos recursos naturais, o aumento do crescimento populacional mundial e às subseqüentes desigualdades sociais (LIMA & GUEDES-BRUNI, 1997).

No contexto dos ambientes mais ameaçados do mundo, destaca-se o corpo florestal que reveste as serras e planícies da costa atlântica brasileira, denominado de Mata Atlântica, cuja cobertura remanescente restringe-se à pequenas proporções de sua área original (LIMA & GUEDES-BRUNI, 1997). Atualmente no estado do Rio de Janeiro, a área de Mata Atlântica é cinco vezes menor do que a original, com cerca de 930 mil hectares. Apesar de ser um dos estados com maior área proporcional de remanescentes, é também aquele que possui a maior taxa de desmatamento de todos os que abrigam este bioma (Figura 1 e Tabela 1).

Na época do descobrimento, a Mata Atlântica cobria uma área de aproximadamente 1 milhão de km². Ocorrendo em áreas com solos de boa fertilidade para a agricultura e pecuária, além de abrigar espécies vegetais de alto valor comercial, a floresta atlântica apresentava características que favoreceram seu desmatamento e degeneração. O extrativismo teve início com a exploração do pau-brasil, expandindo-se posteriormente para outras madeiras, palmito e xaxim (PEIXOTO *et al.*, 2002).

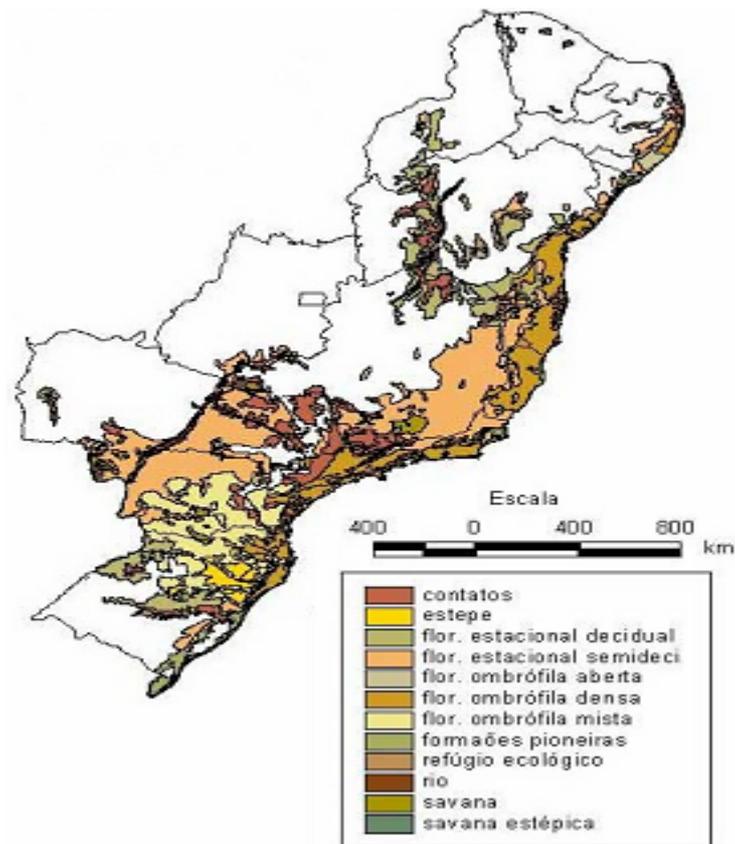


Figura 1: Formações florestais e ecossistemas associados da Mata Atlântica. Fonte: Fundação SOS Mata Atlântica / ISA, 2000.

A grande redução da Mata Atlântica tem como principais causas a expansão de culturas como a cana-de-açúcar, café, cacau e banana, assim como a agricultura de subsistência e a especulação imobiliária. Não existem dados efetivamente confiáveis da superfície total remanescente. Os valores encontram-se entre 5% e 15%, sendo os resíduos florestais, muitas vezes, pequenos fragmentos disjuntos e floristicamente empobrecidos. Embora seja considerada uma das regiões de maior biodiversidade do planeta, é paradoxalmente, uma das mais ameaçadas (PEIXOTO *et al.*, 2002).

O bioma Mata Atlântica possui grande importância para o povo brasileiro. Cerca de 70% da população brasileira vive em área sob o seu domínio. Está distribuído em 4 das cinco regiões brasileiras e abriga centenas de comunidades tradicionais, incluindo povos indígenas. Mais de 70% do PIB do País vem de sua área. São inúmeras plantas medicinais, a maioria não estudada ou mesmo desconhecida. Possui enorme potencial para turismo ecológico e para manejos de uso múltiplo (faltam estudos e tecnologias), estando entre os cinco primeiros colocados na lista dos ecossistemas mais ameaçados do mundo (*hotspots*). São mais de 20 mil espécies de plantas, das quais 8 mil são endêmicas. Detêm o recorde mundial de 454 espécies de árvores por hectare – no sul da

Bahia -, com aproximadamente 1,6 milhões de espécies de insetos e 1.361 espécies de mamíferos, aves, répteis e anfíbios, dos quais 567 são endêmicas (MMA, 1995).

Tabela 1: Quadro resumo dos remanescentes de Mata Atlântica do Brasil. Fonte: Fundação SOS Mata Atlântica, INPE e Instituto Sócio Ambiental.

UF	Área UF	Área	Área de	Mata		Desmatamento	
		Mapeada	MA	1990	1995	ha	%
ES	4.611.522	4.611.522	4.611.522	409.741	387.313	22.428	5,47
GO	34.016.59	3.918.711	3.055.677	7.119	6.471	648	9,10
MS	35.742.41	4.757.315	1.842.821	43.752	39.555	4.197	9,59
MG	58.717.20	43.339.165	27.539.70	1.214.05	1.125.10	88.951	7,32
PR	19.808.60	19.808.603	19.315.66	1.815.13	1.730.52	84.609	4,66
RJ	4.408.111	4.408.111	4.408.111	1.069.23	928.858	140.372	13,1
RS	27.894.66	16.128.695	8.758.533	535.255	506.462	28.793	5,38
SC	9.571.647	9.571.647	9.571.647	1.729.16	1.666.24	62.919	3,64
SP	24.175.21	24.175.211	19.595.89	1.858.95	1.791.55	67.400	3,62
Total	218.945.9	130.718.98	98.699.58	8.682.41	8.182.09	500.317	5,76

MMA (1995), modificado.

O crescimento e manutenção do ecossistema florestal são altamente limitados pela disponibilidade de nutrientes minerais, a despeito do fato de que as quantidades de nutrientes que ocorrem sobre piso florestal serem geralmente muitas vezes superiores à demanda anual requerida pelo povoamento. Esse desbalanço entre a quantidade de nutrientes do solo e a demanda nutricional das plantas sugere que exista um mecanismo controlador da transformação dos nutrientes minerais a formas absorvíveis pelas plantas e que seu ciclo afeta a composição, estrutura e função dessas comunidades florestais naturais (LANDSBERG & GOWER, 1997).

Um dogma do processo de ciclagem de nutrientes em florestas tropicais é a rápida decomposição e disponibilização dos nutrientes minerais oriundos da matéria orgânica do solo (PROCTOR, 1983). A idéia de que os processos de decomposição e ciclagem de nutrientes são sempre rápidos em florestas tropicais chuvosas, têm ressaltado este dogma, o qual não é suportado por alguns resultados. Na Floresta Mulu, em Sarawak, foi observado que a taxa de produção de serrapilheira e a quantidade de

elementos químicos nos solos são similares ao de algumas florestas decíduais temperadas (ANDERSON & SWIFT, 1983).

No Brasil, a ciclagem de nutrientes tem sido estudada por diversos autores (LOPES *et al.*, 2002; ANDRADE, 1997; DELITTI, 1995; NASCIMENTO & PROCTOR, 1994; GARAY, 1989; HAAG, 1985). Os resultados destes estudos têm apontado para uma necessidade cada vez maior de pesquisas desse tipo no país, já que este abriga ecossistemas de grande diversidade de espécies, com aproximadamente 1/4 da biodiversidade total do planeta (WILSON, 1997) e que, entre outras riquezas naturais apoiadas na frágil estrutura dos ecossistemas florestais tropicais, valorizam a ciclagem de nutrientes como sendo um dos processos mais importantes na manutenção da vida nesses ambientes.

2.2 *Clima global*

Com relação ao clima global, pode-se destacar como sendo de interesse para o trabalho ora proposto, o detalhamento sobre o fenômeno *El Niño*. Este consiste no enfraquecimento dos ventos alísios e no aquecimento das águas da superfície do Oceano Pacífico próximas a linha do Equador. Tal evento ocorre irregularmente em intervalos de 2 a 7 anos, embora aconteça em média uma vez em períodos de 3 a 4 anos. Tem a duração de 12 a 18 meses e é acompanhado por uma oscilação da pressão atmosférica ao nível do mar entre os hemisférios ocidental e oriental (UNICAMP, 2002).

Em anos em que o fenômeno não ocorre, os ventos tropicais sopram em direção à Ásia (de leste para oeste) nesta área do oceano Pacífico, “empilhando” as águas mais aquecidas no setor oeste do mesmo, resultando num aumento do nível do oceano na Indonésia em cerca de meio metro acima do nível da costa oeste da América do Sul. A temperatura na superfície do mar eleva-se em cerca de 8°C no setor oeste (região da Indonésia e setores norte/nordeste da Austrália), sendo as águas frias que sobem de níveis mais profundos do oceano a causa de uma menor temperatura na costa oeste da América do Sul.

Quando ocorre o fenômeno *El Niño* os ventos alísios relaxam, sendo que em algumas áreas na faixa tropical invertem o sentido e passam a soprar para leste. As águas, como não têm mais sustentação a oeste do Pacífico equatorial, movem-se em direção a América do Sul em forma de ondas conhecidas como "Ondas de Kelvin", elevando o nível do mar no lado leste. O deslocamento das águas traz consigo a fonte de

calor para a costa oeste da América do Sul, gerando mudanças na circulação geral da atmosfera.

Com a inversão dos ventos alísios para leste durante o fenômeno "*El Niño*", o grande sistema convectivo que acompanha as águas aquecidas tem seu sentido invertido e a subsidência ocorre próximo a Austrália e Indonésia, provocando secas. As precipitações ocorrem ao longo de toda a extensão de águas quentes até a costa da América do Sul e têm o pico máximo sobre o Equador e o Peru.

Enfim, o *El Niño* é o resultado de uma interação do sistema oceano-atmosfera no Pacífico Equatorial, sendo um estado anômalo da natureza, que tem conseqüências importantes para as condições climáticas ao redor do planeta.

No mundo, provoca um aumento das chuvas na linha meridional do EUA, seca no Pacífico Ocidental, ocasionando incêndios de grande escala na Austrália e na Indonésia, calor no inverno japonês e algumas partes da América do Norte, chuvas pesadas no Oceano Pacífico, inundações devastadoras no Peru, Equador e sul e sudeste do Brasil, causando prejuízos incalculáveis para as respectivas populações.

No Brasil, nos anos de ocorrência do *El Niño*, verifica-se um aumento na quantidade de chuvas na região sul, durante o mês de agosto. Já na serra da Mantiqueira, Sul Fluminense e no litoral da Bahia acontecem menos precipitações que o normal. As temperaturas sobem em geral 2° a 5° Celsius no leste de São Paulo, no nordeste de Goiás e no sul do Mato Grosso do Sul. Na região central do Brasil as temperaturas podem ficar até 3° Celsius mais amenas, em média. O ocorrido na região sul deve-se ao fato de que as frentes frias desviadas pelos ventos ficam bloqueadas no sul, impedindo seu deslocamento para as regiões norte e nordeste do país. Essas frentes frias iriam causar precipitações na região nordeste do país, assim, essa região sofre um período de estiagem durante os meses de fevereiro e março.

2.3 *Ciclagem de nutrientes*

Em linhas gerais, o estudo da ciclagem de nutrientes deve ser realizado através da quantificação de nutrientes que entram no ecossistema (importação) dos que saem (exportação), daqueles que permanecem estocados nos diversos compartimentos do ecossistema e dos fluxos de transferência entre compartimentos. Este mecanismo pode ser descrito com mais detalhe da seguinte forma (LOPES *et al.*, 2002):

- Importação
 - Deposição úmida
 - Deposição seca e
 - Intemperismo do material de origem
- Exportação
 - Perda através do perfil do solo
 - Escoamento superficial e subsuperficial
 - Cursos d'água
 - Ação dos animais
 - Produção agrícola
- Compartimentos onde são estocados os nutrientes
 - Biomassa vegetal
 - Biomassa animal
 - Serrapilheira
 - Solo
- Agentes biológicos transformadores
 - Microrganismos
 - Fauna edáfica
- Transferência de nutrientes entre compartimentos
 - Água da chuva que atravessa o dossel
 - Escoamento pelo tronco
 - Produção e decomposição da serrapilheira
 - Absorção pela Biomassa viva

2.3.1 Importação

No Brasil, o intemperismo é considerado como uma fonte de média a baixa relevância para a entrada de nutrientes no solo, já que o país possui solos com ausência virtual de minerais primários e secundários e que os íons alocados nestes correspondem a apenas 30% dos nutrientes estocados no ecossistema (ODUM, 1986).

REIS & BARROS (1990) citam, ainda, a fixação de nitrogênio e fertilização em geral, com adubos sintéticos ou orgânicos tais como esterco bovino ou compostagem. Em se tratando deste último pode-se afirmar que a adubação química se dá pela aplicação de quantidades de nutrientes quase sempre inferiores à demanda do plantio, de maneira geral, o que gera um efeito contínuo de exportação de nutrientes essenciais, com o passar dos ciclos de produção, principalmente na exploração florestal.

2.3.2 Exportação

As principais formas de saída de nutrientes dos ecossistemas florestais são a erosão, a lixiviação, a volatilização e a remoção do material orgânico (retirada da biomassa vegetal). Entre estas, a exploração de biomassa é o processo que, em números absolutos, provoca maiores perdas, dependendo da idade de corte das árvores, da

espécie cultivada, da densidade do plantio, da qualidade do solo sobre o qual se encontra o plantio e da parte da planta extraída (REIS & BARROS, 1990).

2.3.3 Estoque de nutrientes

Através da fotossíntese e da absorção de água e nutrientes, os elementos e compostos inorgânicos vão sendo incorporados à biomassa vegetal, passando da forma inorgânica para a forma orgânica. A eficiência deste processo depende de características genéticas da planta, das condições de clima e solo e das práticas de manejo adotadas (TOKY & BLISHT, 1992).

Além da quantificação da biomassa (parte aérea e raízes), mensurações da necromassa (serrapilheira, troncos e galhos caídos e raízes mortas), permitem ter uma idéia quantitativa do material orgânico disponível para ser ciclado nestes sistemas (ANDRADE, 1997).

A formação da camada de serrapilheira, típica dos solos florestais, depende basicamente da quantidade de resíduos orgânicos depositados da parte aérea das plantas e da taxa de decomposição desses materiais (VITOUSEK & SANFORD, 1986). Nesse sentido, é importante conhecer, qual a quantidade aportada desse material, o seu teor em nutrientes e compostos orgânicos e a sua velocidade de decomposição nos diferentes povoamentos florestais, nativos e implantados, sob as variadas condições climáticas existentes.

A importância da serrapilheira para a ciclagem dos nutrientes em povoamentos florestais nativos ou implantados já foi reconhecida desde o século XIX, onde se observou uma diminuição gradual na produtividade de florestas de coníferas, que tiveram sua serrapilheira freqüentemente removida para uso como cama de animais, prática comum naquele século (PRITCHETT, 1979).

A serrapilheira inclui folhas, caules, ramos, frutos, flores e outras partes da planta, bem como restos de animais e material fecal. Uma vez formada ela é submetida a um processo de decomposição com a liberação eventual dos elementos minerais que compõem os tecidos orgânicos. Nas florestas tropicais úmidas as folhas e as partes florais podem começar o processo de desdobramento quando ainda na planta, e a decomposição, com exceção das madeiras muito resistentes, se processa rapidamente na superfície do solo (GOLLEY, 1978).

Avaliando-se a produção de matéria seca das diferentes partes do vegetal e seu teor de nutrientes, pode-se calcular o estoque de nutrientes dos vários componentes da

biomassa vegetal. Essa informação é fundamental para avaliações da ciclagem de nutrientes e para dimensionamentos de exploração de ecossistemas produtivos, onde se pode conhecer qual a quantidade de elementos está sendo mantida no sistema e qual está sendo exportada através da retirada de produtos, como madeira, frutos, entre outros (ANDRADE, 1997).

A maior quantidade absoluta de nutrientes e matéria seca presente nos ecossistemas florestais está no compartimento tronco (Tabela 2). Considerando-se o material formador da serrapilheira (MFS), ou seja, o material que cai da planta nos períodos de estresse ambiental ou por senescência dos tecidos, a fração que mais contribui é a folha (50 a 70%), seguida por ramos. Os demais componentes da planta oscilam em valores percentuais sempre inferiores a folhas e ramos (TOLEDO, 2000).

Tabela 2: Acúmulo de matéria seca e nutrientes em diferentes componentes da parte aérea de *Acacia mangium* com sete anos de idade (adaptado de HALENDA, 1989)

Componentes	N	P	K	Ca	Mg	Biomassa	
	-----kg ha ⁻¹ -----					ton ha ⁻¹	%
Flores e frutos	14,7	0,7	8,7	1,6	0,9	0,6	0,5
Folhas	148,1	5,5	67,4	33,2	8,0	4,7	3,8
Galhos (< 1cm diâmetro)	24,9	1,3	21,6	25,8	2,9	2,9	2,4
Galhos (> 1cm diâmetro)	111,5	9,6	50,3	75,6	7,7	12,4	10,0
Galhos caídos	32,6	0,8	9,0	42,6	4,4	5,2	4,2
Tronco	284,2	15,3	140,6	225,1	24,5	97,4	79,0
Total	616,0	33,2	297,7	404,0	48,4	123,2	100,0

Fonte: ANDRADE (1997), modificado.

A matéria seca que constitui a biomassa é formada principalmente por esqueletos de carbono e demais nutrientes, cuja concentração pode variar em função: da espécie arbórea, da sua fase de desenvolvimento, do estado nutricional, de características edafoclimáticas e do órgão vegetal depositado (LARCHER, 1986).

A riqueza relativa de nutrientes nos componentes da biomassa florestal por unidade de peso obedece à seguinte ordem: folhas > cascas > ramos > tronco, sendo as três primeiras estruturas responsáveis por aproximadamente 70% do total de nutrientes exportados por sistemas florestais de produção (FROUFFE, 1998). Modificações na cobertura vegetal provocadas pelo uso intensivo da matéria-prima florestal (RICHARDS & CHARLEY, 1984) e pelo desmatamento, podem ocasionar uma grande perda de

nutrientes bem como a diminuição dos estoques de matéria orgânica podendo contribuir para queda da fertilidade edáfica e conseqüentemente da produção (BARROS, 1994).

Na fase inicial do crescimento, a maior parte dos nutrientes está contida nas folhas. À medida que a idade das folhas aumenta, o seu peso seco e o teor de nutrientes varia, ocorrendo uma translocação de nutrientes de órgãos senescentes para regiões de crescimento da árvore (HAAG, 1987).

O teor de nutrientes das folhas se correlaciona com o teor desses elementos nos outros órgãos da planta. Dessa forma, esses valores tem sido utilizados como um indicador do estado nutricional do vegetal (VITOUSEK e SANFORD, 1986).

2.3.4 Transferências entre compartimentos

A ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, plantados ou naturais, tem sido amplamente estudada com o intuito de se obter maior conhecimento da dinâmica dos nutrientes nestes ambientes, não só para o entendimento de seu funcionamento, mas também buscando informações para o estabelecimento de práticas de manejo florestal que possam vir a ser empregadas na recuperação de áreas degradadas e na manutenção da produtividade do sítio degradado em recuperação (SOUZA & DAVIDE, 2001).

Em condições naturais, os principais fatores que interferem na ciclagem de nutrientes são o clima, a composição das espécies vegetais, o estágio sucessional da floresta e a fertilidade do solo (VITOUSEK & SANFORD, 1986). Qualquer intervenção na dinâmica deste processo pode modificar a sincronia entre a disponibilidade de nutrientes advindos da decomposição dos resíduos vegetais e a demanda nutricional das plantas, gerando, na maioria das vezes, perdas de nutrientes do solo (MYERS *et al.*, 1994).

Os principais mecanismos responsáveis pela transferência de nutrientes da biomassa de espécies arbóreas para o solo, são a lavagem da vegetação pela chuva, que desloca substâncias minerais e orgânicas das estruturas da parte aérea, e a decomposição da necromassa vegetal, que inclui a serrapilheira, troncos e galhos caídos e raízes mortas (SANCHEZ, 1976; GONZALEZ & GALLARDO, 1986). No caso particular dos sistemas florestais, a maior parte dos nutrientes ciclada é absorvida por plantas ainda na serrapilheira (pela trama de raízes presentes nesta camada) e no horizonte superficial do piso florestal (GOLLEY, 1978).

A degradação da serrapilheira é um processo contínuo, podendo iniciar-se antes mesmo do material atingir o solo. Algumas folhas verdes podem abrigar, ainda na própria árvore, microrganismos e insetos que já dão início ao processo decompositor.

As folhas também liberam continuamente, de acordo com sua idade e estado fitossanitário, carboidratos, ácidos orgânicos, aminoácidos e, sobretudo, potássio. Assim, podem-se considerar as seguintes etapas no processo de decomposição: (1) lavagem de compostos hidrossolúveis e colonização microbiana na parte aérea; (2) ataque da fauna edáfica e de microrganismos, com fragmentação, transporte, mistura e biodegradação do material e por último (3) a transformação húmica e mineral (GONZALEZ & GALLARDO, 1986).

A dinâmica do processo de decomposição depende, dentre outros fatores, das características de cada componente da serrapilheira, tais como: teor de lignina e nutrientes, resistência, componentes secundários, massa e tamanho do material (HAAG, 1985). Dos componentes da serrapilheira, as folhas em geral estão em maior proporção de massa e volumétrica, além de apresentarem uma maior taxa de decomposição (FASSBENDER, 1993), porém existem também frações de difícil decomposição, com muitas estruturas lignificadas, que representam em torno de 30 a 40% da serrapilheira (ANDERSON & SWIFT, 1983).

Sob as mesmas condições climáticas, a velocidade de decomposição pode variar de acordo com a porcentagem de lignina, polifenóis, carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre, entre outros componentes (SWIFT et al., 1979). A relação entre algumas dessas substâncias tem sido usadas para explicar diferenças entre a velocidade de decomposição de materiais orgânicos.

Após a deposição do material formador da serrapilheira, o seu acúmulo na superfície do solo será regulado pela sua taxa de decomposição (HAAG, 1985). A decomposição da serrapilheira possibilita que parte do carbono incorporado na biomassa pela fotossíntese retorne à atmosfera como CO₂, e os outros elementos absorvidos passem para uma forma novamente utilizável pelas plantas (STEVENSON, 1982). O mecanismo de decomposição é regulado principalmente por três grupos de variáveis: (1) a natureza da comunidade decompositora (os macro e microorganismos), (2) as características do material orgânico que determinam sua degradabilidade (a qualidade do material) e (3) as condições do ambiente (ABER & MELILLO, 1978).

Essa decomposição representa um processo essencial na ciclagem de estruturas biogênicas, manutenção do estoque orgânico do solo e na taxa de reciclagem dos compostos presentes na serrapilheira sendo um fator que influencia a fertilidade de solos e o funcionamento de ecossistemas florestais, especialmente em regiões de solos muito intemperizados como os tropicais (KIEHL, 1985).

Estudos realizados em regiões de clima temperado, por exemplo, demonstraram que a decomposição de espécies típicas destas áreas foi influenciada positivamente pela maior incidência luminosa e pelo aumento da temperatura (IBRAHIMA *et al.*, 1995).

Aumentos nos níveis de radiação ultravioleta-B (UV-B) nas regiões temperadas e polares podem causar mudanças na bioquímica das plantas, como o aumento de pigmentos e compostos secundários tais como taninos e diminuição da α -celulose (GEHRKE *et al.*, 1995 e JOHANSON *et al.*, 1995, citados por HEAL *et al.*, 1997). Efeitos diretos da radiação UV-B ocorrem ainda sobre a comunidade fúngica do solo que, somando-se à redução na qualidade da serrapilheira produzida, podem reduzir a taxa de decomposição dos resíduos orgânicos em até 10% nas regiões anteriormente citadas (HEAL *et al.*, 1997).

SILVA (1998) em seus estudos, afirma que a qualidade da serrapilheira, avaliada por seus teores em compostos orgânicos e inorgânicos, exerce grande influência sobre a regulação e natureza das interações microbianas do solo, atuando em duas escalas: (1) sobre a cadeia alimentar dos microrganismos saprófitos, representados, sobretudo por fungos e bactérias e (2) sobre o sistema transformador da serrapilheira, representados pelos artrópodos (Figura 2).

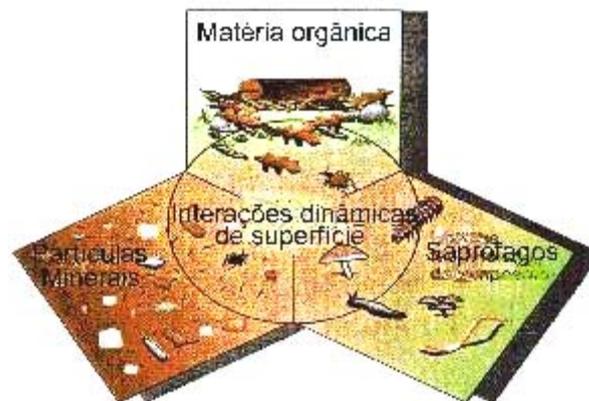


Figura 2: A qualidade do solo depende do tripé: matéria orgânica, minerais e comunidade de organismos do solo. As interações entre estes componentes são cruciais para a manutenção desta qualidade. Fonte: NEBEL & WRIGHT (1996), adaptado de COSTA (2002).

A qualidade da serrapilheira é fator determinante da decomposição dos resíduos adicionados e também dependente do tipo de vegetação encontrada em determinado ecossistema. Desta forma a organização do sistema florestal, homogêneo ou heterogêneo, conferirá à serrapilheira uma diversidade de resíduos que determinará uma

maior diversidade de nichos para a comunidade de decompositores a ela associados (WARDLE *et al.*, 1995).

Os três principais métodos que têm sido utilizados para estimar a decomposição da camada de serrapilheira são a respiração do solo (que avalia a evolução do CO₂ produzido pela decomposição), o valor k , que é a relação entre a quantidade de material que cai do dossel e a que está depositada sobre o solo, e avaliações diretas através de medidas da perda de massa em sacos denominados *litter bags* (ANDRADE, 1997).

O valor k tem sido amplamente utilizado para se avaliar a taxa de decaimento da serrapilheira ou o tempo de renovação dessa camada. Algumas características deste estudo tem sido atribuídas ao seu uso indiscriminado em ecossistemas que ainda não atingiram seu equilíbrio entre o material que cai e o material que é decomposto (ANDERSON & SWIFT, 1983). Em ecossistemas florestais tropicais, os valores de k em geral são maiores do que 1 (GOLLEY, 1978), enquanto, em florestas de clima temperado, estes são menores do que 1, podendo chegar a valores abaixo de 0,1 para florestas de coníferas. Este fato indica que o tempo de renovação do material que compõe a serrapilheira perdura por anos.

O estudo da decomposição através da perda de massa em *litter bags* também possui alguns inconvenientes que podem prejudicar a precisão dos resultados. Os *litter bags* com tamanho de malha muito reduzido, podem excluir importantes organismos que participam do processo de decomposição. Já os *litter bags* com malhas muito grandes, podem acarretar em uma alta perda de material no momento da coleta ou também permitir a entrada de uma fração nova de material, que não havia sido considerada na época da instalação dos *litter bags* (ANDRADE, 1997).

2.3.5 Fauna do Solo

O sistema biológico decompositor é composto por macrorganismos (invertebrados) e microrganismos (principalmente fungos e bactérias), cuja atividade é diretamente controlada pelos macrorganismos. Nos trópicos úmidos, a diversidade da comunidade de macroinvertebrados depende largamente do tipo de vegetação (SILVA, 1998).

De maneira geral, a diversidade biológica aumenta em direção aos trópicos, seja na comunidade vegetal, assim como entre os animais. Segundo ASSAD (1997a) a comunidade de organismos do solo é complexa tanto em termos quantitativos, quanto em tipos de organismos, podendo ser encontrada com grande diversidade genética e

funcional. Uma camada de 10 cm de 1 ha de solo com 1% de matéria orgânica tem cerca de 1500 kg de fauna do solo (DALZELL *et al.*, 1987).

O conhecimento do papel dos organismos na fertilidade do solo é fundamental para a compreensão do comportamento dos ecossistemas, particularmente em ambiente tropical, onde a exuberância da vegetação parece muitas vezes opor-se à pobreza mineralógica dos solos altamente intemperizados e com estágio avançado do processo perda de nutrientes por lixiviação, ou originados de materiais de origem cuja riqueza mineralógica, isoladamente, não corresponde à manutenção dessa vegetação (ASSAD, 1997a).

A decomposição, considerada como um processo chave para a manutenção da fertilidade dos solos (LAVELLE *et al.*, 1993), é o produto de interações complexas entre uma comunidade diversa de microrganismos e invertebrados do solo (SWIFT *et al.*, 1979) (Figura 3).

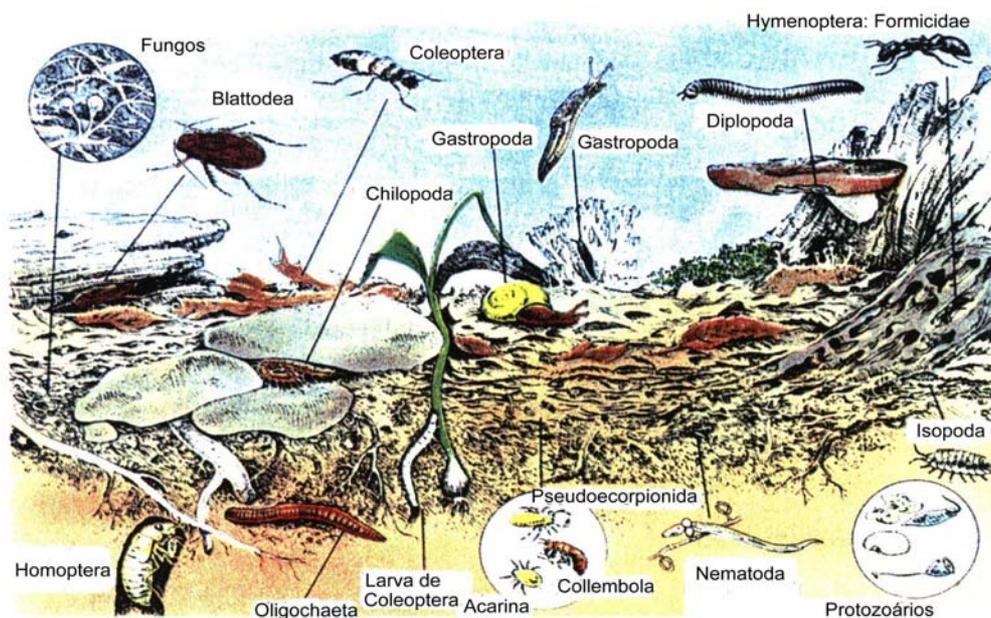


Figura 3: Organismos que atuam no processo de decomposição da matéria orgânica de diversas formas, garantindo a manutenção da qualidade do solo e do sistema que ele abriga. Fonte: NEBEL & WRIGHT (1996), reproduzido e modificado por COSTA (2002).

A atividade decompositora da fauna do solo tem o papel primordial de reduzir a biomassa de materiais recalcitrantes, principalmente, tais como madeira, por exemplo. A decomposição resulta essencialmente na mudança do estado do recurso, sob a influência de vários fatores bióticos e abióticos. Esta transformação do estado do recurso não é nada mais que a diminuição em massa do mesmo, resultando na alteração da sua composição química e física (OLIVEIRA, 1997), além de matéria e energia. A

avaliação da velocidade de transformação deste recurso é de extrema importância para o entendimento do processo de transferência dos nutrientes da serrapilheira para o solo.

Os organismos do solo podem habitar na superfície, na serrapilheira ou em horizontes mais profundos do solo, movendo-se através do perfil. De uma maneira geral, a biota do solo pode ser dividida de acordo com seu tamanho em microflora, microfauna, mesofauna, macrofauna e megafauna (Figura 4). Cada grupo exerce uma função bem definida na decomposição da matéria orgânica, constituindo o que conhecemos como cadeia alimentar (ASSAD, 1997b).

A microfauna, além de modificar a estrutura do solo, afeta a disponibilidade de nutrientes alimentando-se da microflora e partículas orgânicas. São essencialmente aquáticos estando presentes nos poros do solo, onde há acúmulo de água. Sua abundância no solo flutua de acordo com a disponibilidade de alimentos e ciclos de umedecimento e secagem no solo e na serrapilheira. Já a mesofauna do solo possui diferentes hábitos alimentares, incluindo saprofagia, microfagia e predação entre os outros.

A maior parte deles podem atacar a serrapilheira, mas sua contribuição na fragmentação dos resíduos de plantas é pequena. O seu papel mais importante é a regulação da população microbiana. A macrofauna e megafauna são os principais agentes de fragmentação e redistribuição dos resíduos de plantas no solo. Suas atividades incluem decomposição de serrapilheira e aumento de substratos para atividade microbiana nas camadas superficiais do solo. Também afetam a estrutura do solo através de seus movimentos, misturando partículas orgânicas com inorgânicas, apresentando grande importância na formação de agregados estáveis e canais no interior do solo (Tabela 3).

Além da classificação com base nas dimensões corporais, a fauna do solo pode, também, ser classificada com base em aspectos funcionais (Tabela 4). Alguns grupos funcionais comuns são: não-edáficos, saprófagos, predadores, sociais e micrófagos (CORREIA, 1994).

Os animais saprófagos alimentam-se diretamente dos detritos, fragmentando-os e mineralizando os compostos mais simples, tais como açúcares simples, amido, lipídeos e proteínas. Já os micrófagos utilizam os microrganismos como fonte de carbono e regulam qualitativa e quantitativamente as populações microbianas (CORREIA, 1997).

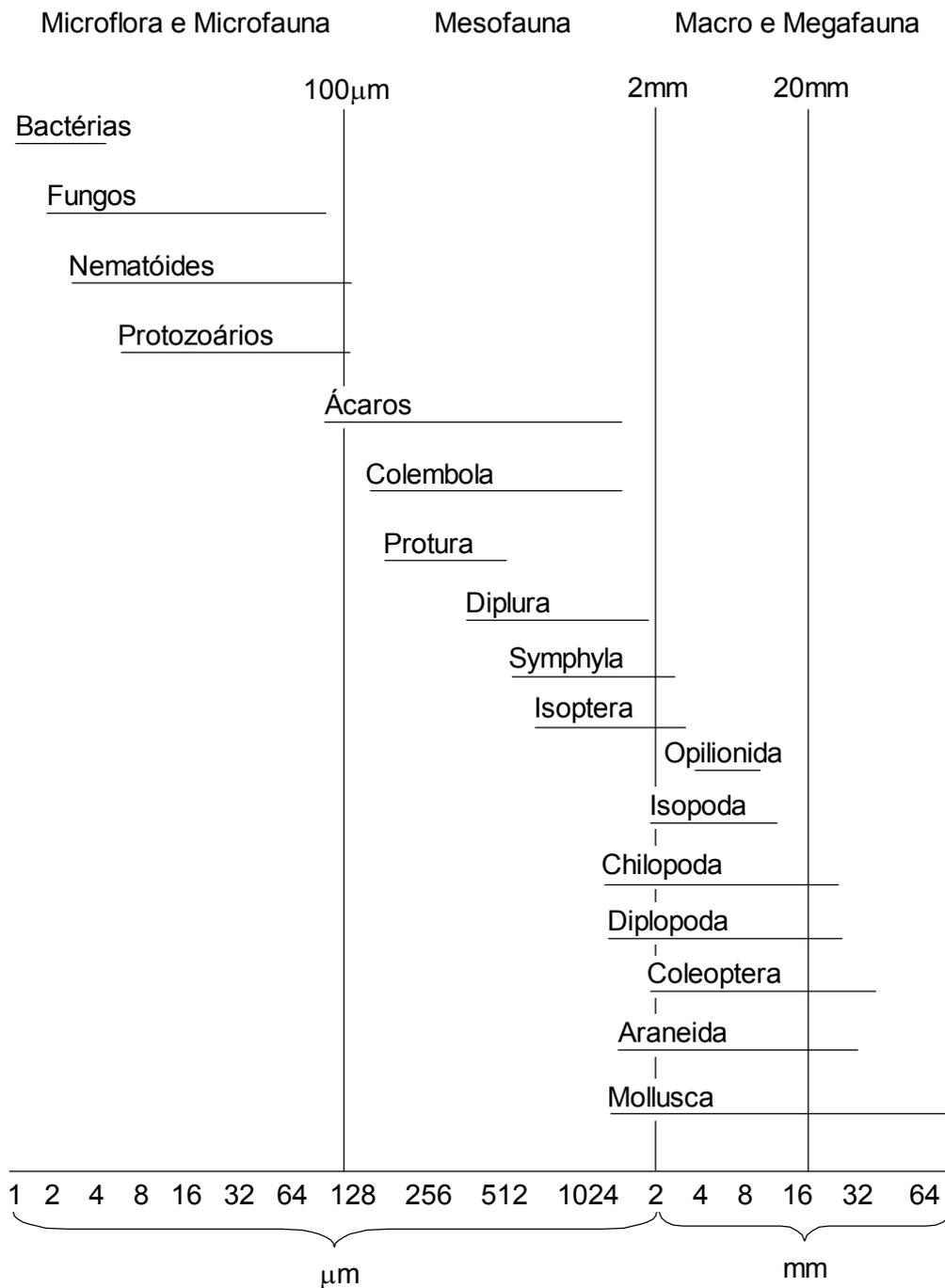


Figura 4: Classificação com base no diâmetro corporal da fauna do solo (SWIFT *et al.*, 1979, modificado).

A organização da comumente denominada comunidade microbiana do solo, bactérias (REZENDE *et al.*, 1997) e fungos basidiomicetos (HAMMEL, 1997), entre outros, exerce influência no grau de decomposição da serrapilheira depositada sobre o solo. A fauna do solo promove a biodegradação e humificação do material formador da serrapilheira através: (1) da fragmentação do material original e aumento de área específica; (2) da produção de enzimas que atuarão na conversão das macromoléculas

em outras de menor peso molecular; (3) da polimerização de compostos liberados na decomposição e conseqüente formação do húmus e (4) por permitir o desenvolvimento e a interação com outros organismos vivos (SILVA, 1998).

Tabela 3: Influência dos organismos dos solos sobre a ciclagem de nutrientes e estrutura dos solos.

Tipologia	Ciclagem de nutrientes	Estrutura do solo
Microflora	Catabolizam a matéria orgânica. Mineralizam e imobilizam nutrientes.	Produzem compostos orgânicos que colaboram para a formação de agregados. As hifas reúnem partículas formando agregados.
Microfauna	Regulam as populações bacterianas e fúngicas. Alteram a ciclagem de nutrientes.	Podem afetar a estrutura do solo através de interações com a microflora.
Mesofauna	Regulam as populações da microflora e da Microfauna. Atuam ciclagem de nutrientes. Fragmentam detritos vegetais.	Produzem coprólitos. Criam bioporos. Promovem a humificação.
Macrofauna	Fragmentam detritos vegetais. Estimulam a atividade microbiana. Regulam as populações da microflora, da microfauna e da mesofauna.	Misturam partículas orgânicas e minerais. Distribuem a matéria orgânica e microrganismos. Criam bioporos. Promovem a umificação. Produzem coprólitos.

Fonte: COSTA (2002)

Tabela 4: Subdivisão da comunidade de artrópodos em unidades funcionais.

	Grupos funcionais	Hábito alimentar	Ordens
Edáficos	Saprófagos	Saprofagia	Blattaria, Dermaptera, Diplopoda, Diplura, Isopoda, Psocoptera e Symphyla
	Predadores	Predação	Aranae, Chilopoda, Opilionida, Pseudoscorpionida, Hymenoptera e Mantodea
	Larvas de insetos	Saprofagia e predação	Larvas de: Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Trichoptera e Neuroptera
	Insetos sociais	Saprofagia e predação	Formicidae e Isoptera
	Outros	Saprofagia e predação	Coleoptera e Thysanoptera
Não-edáficos		Sem funcionalidade conhecida	Diptera, Homoptera, Hemiptera, Trichoptera e Lepidoptera

Fonte: SILVA (1998).

Os Formicidae e Isoptera têm em comum a vida social, com a construção de ninhos onde utilizam as partículas minerais do solo, matéria orgânica de origem vegetal, secreções e dejetos. Sendo em geral muito abundantes em ecossistemas tropicais, são considerados de fundamental importância para os processos de decomposição nestes sistemas (LAVELLE, *et al.*, 1993).

A denominação de não-edáficos decorre da não participação desses nos processos de decomposição desempenhados pela fauna edáfica. Não há nenhum registro da atividade na fragmentação do folhíço ou na utilização de microrganismos como alimento. Alguns Hemípteros e Homópteros, no entanto, vivem no solo alimentando-se de raízes e micorrizas (CORREIA, 1997). A falta de informação sobre comunidades de solos tropicais dificulta o entendimento da presença desses animais no solo.

A medida mais simples da estrutura da comunidade é o número de espécies que ela possui, o qual é usualmente denominado de diversidade. Os ecólogos caracterizam as comunidades em função do número de espécies presentes, suas abundâncias relativas, sua alimentação e outras relações ecológicas (predação e competição, por exemplo) (MACEDO, 1999).

A diversidade é um índice composto de duas variáveis, a riqueza de espécies ou grupos de espécies e a equitabilidade ou a uniformidade de repartição dos indivíduos entre os grupos. O padrão mais marcante é o de poucos grupos com muitos indivíduos e muitos grupos com poucos indivíduos, sendo este último característico de climas tropicais com estações bem definidas, uma seca e outra úmida (ODUM, 1986; COLINAUX, 1986; BEGON *et al.*, 1996, *apud* OLIVEIRA, 1997).

A distribuição vertical considera a ocupação diferencial das camadas ou horizontes orgânicos (O e/ou H), além do horizonte A (OLIVEIRA, 1997).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 *Localização*

O estudo foi conduzido em áreas da antiga fazenda Pinheiros, inseridas na porção da microbacia do Ribeirão Cachimbal, localizada no município de Pinheiral. O município de Pinheiral ocupa 81 km² de área e está localizado na região do Médio Vale do Paraíba Fluminense, no sul do Estado do Rio de Janeiro, entre as latitudes 22°29'03'' e 22°35'27''S, entre as longitudes de 43°54'49'' e 44°04'05''W e a uma altitude média de 420 metros (Projeto RADAM/BRASIL, 1983). A bacia do Ribeirão Cachimbal faz parte da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, situando-se na sua margem esquerda, onde ocupa uma área de aproximadamente 9.817 ha, compreendendo os municípios de Pinheiral (33,32%), Pirai (61,08%) e Volta Redonda (5,6%) (MENEZES, 1999).

3.2 *Clima*

O clima do município de Pirai, fronteiro à Pinheiral, de acordo com a classificação de Köppen, foi identificado de duas formas distintas, em Cwa, clima tropical de inverno seco e verão chuvoso e Am, clima tropical chuvoso, de monção, com inverno seco, respectivamente segundo dados da Estação Meteorológica de Pirai e da Estação Ecológica de Pirai (OLIVEIRA, 1998).

De acordo com a classificação de Thornthwaite, a região apresenta clima úmido com pouco ou nenhum déficit hídrico, megatérmico, com calor bem distribuído o ano todo. Dados do Posto Meteorológico da Fazenda Santa Marta – SIMAB (1985 a 1996), indicam que a região possui um período chuvoso bem definido de novembro até o início do outono, com máximas em dezembro, janeiro e fevereiro, ocasionalmente em março.

O período seco se estende de abril até agosto e ocasionalmente, setembro. As precipitações mensais são inferiores a 100 mm, exceto no período chuvoso (novembro a março) onde foram registradas máximas como a de 406 mm, em dezembro de 1986. A umidade relativa do ar é superior a 80% na maior parte do ano, com os valores máximos no outono, o que confere alta nebulosidade à região. A temperatura média anual é de 20,9°C. Dados anteriores (Projeto RADAM BRASIL, 1983) indicam que a precipitação média anual varia de 1300 a 1500 mm, com excedente hídrico de 100 a 150 mm mensais de dezembro a março e pequena deficiência hídrica de julho a setembro. A evapotranspiração real é de 1058 mm e a potencial de 1176 milímetros. A evaporação varia entre 60-80 mm no outono e 80-100 mm no restante do ano (Figura 5 e Figura 6).

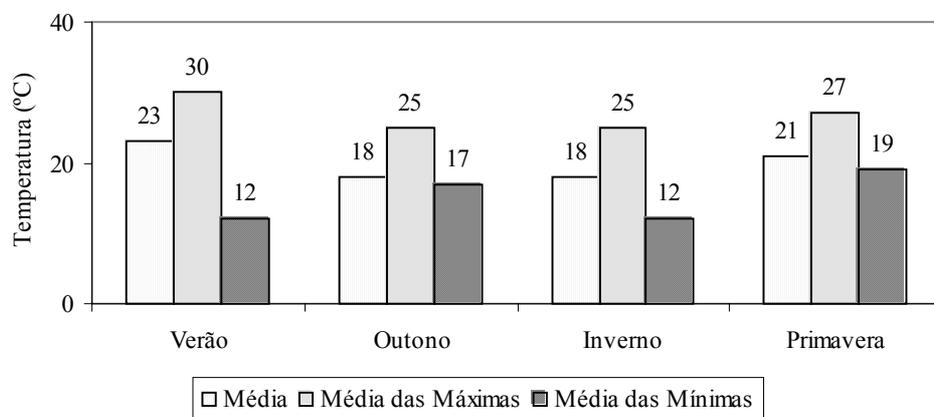


Figura 5: Normais - Temperatura (média das máximas, média e média das mínimas). Fonte: BARBIÉRIE & KRONENBERGER (1994), adaptado de OLIVEIRA (1998).

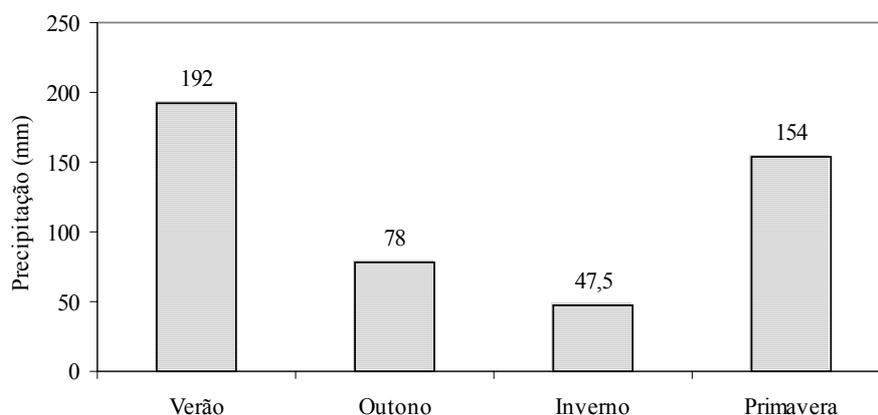


Figura 6: Normais - Precipitação Pluviométrica (em mm H₂O). Fonte: BARBIÉRIE & KRONENBERGER (1994), modificado de OLIVEIRA (1998).

3.3 Geomorfologia

O município de Pinheiral-RJ está situado na unidade geomorfológica da depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, subdivisão do grande domínio regional das faixas de dobramentos remobilizados, que geograficamente caracteriza praticamente toda a região sudeste do país. Nesta depressão, cuja formação deve-se a fenômenos tectônicos, o modelado geomorfológico encontra-se condicionado a um acentuado controle estrutural que foi esculpido por sucessivas fases erosivas e deposicionais (M. H. G. Góes, UFRRJ-IA/DG, informação pessoal). É freqüente a presença de colinas colmatadas que fazem a interface entre o grande ‘Graben-Horst’ que caracteriza o sistema Paraíba do Sul (Projeto RADAM/BRASIL, 1983). A formação morfo-estrutural é delimitada pelo delineamento estrutural no sentido Sudoeste-Nordeste, que é comum em toda a região. Esta formação explica o relevo acidentado que caracteriza a feição geomorfológica conhecida como “mar do morros” (AB’SABER, 1996) (Figura 7) e a formação de diversos vales estruturais, que conformam uma rede de drenagem diversificada (OLIVEIRA, 1998).



Figura 7: Relevo típico da região estudada. Fotografia obtida no início do estudo (dezembro de 1997) à margem de uma das duas áreas de estudo. O fragmento florestal mais próximo, em perspectiva, é parte de uma das duas áreas experimentais.

Na região predominam as colinas situadas em encostas com cobertura do tipo talus e rampa de colúvio. Cortando esta formação, observam-se vales estruturais que condicionam a drenagem local, formando pequenas várzeas, até encontrar a área de influência da grande várzea do Paraíba do Sul. As principais feições geomorfológicas são: bancas arenosas, várzeas ou planícies de inundação, terraços fluviais, terraço

alúvio-coluvionar, rampas de colúvio, colinas estruturais aplainadas, colinas estruturais isoladas, encostas de talus, encostas estruturais dissecadas, encostas adaptadas a falhamentos, vales estruturais, interflúvios estruturais e canais meandrantos (M. H. G. Góes, UFRRJ-IA/DG, informação pessoal).

3.4 Relevo

A região apresenta várias formas de relevo com distintos graus de dissecção. A altitude varia desde 360 metros na grande várzea do Paraíba do Sul, foz do ribeirão Cachimbal, até 720 metros na Serra do Arrozal, no interflúvio ao sul da bacia do Ribeirão Cachimbal (OLIVEIRA, 1998).

Na área de abrangência do Ribeirão Cachimbal, predominam encostas com declividades variadas (72,0%), poucas áreas de topos de morros aplainados (5,7%) e várzeas estreitas (22,3%) nos vales estruturais da bacia e às margens de seu canal principal (OLIVEIRA, 1998).

3.5 Geologia

A região encontra-se inserida nas feições tectônicas e unidades litoestratigráficas do Grupo Paraíba do Sul, predominando rochas com distintos graus de metamorfismo. A área em estudo possui dois fortes domínios estruturais caracterizados por foliação de mergulho para NW e SE.

Quanto à geologia local, foram identificados em levantamento (M. P. Garcia, UFRRJ-IA/DS, informação pessoal) que compreendeu parte do município de Pinheiral, o predomínio dos seguintes materiais: a) microclina gnaisse porfiroclástico, b) biotita muscovita gnaisse e c) biotita gnaisse. Ocupando menores extensões foram encontrados os sedimentos da bacia de Volta Redonda e os do Quaternário e os diques de rochas básicas.

Inserida nas feições tectônicas e unidades litoestratigráficas do Grupo Paraíba do Sul, a área de estudo apresenta o predomínio de rochas metamórficas orto e para derivadas, metamorfoseadas em sucessivos eventos. As principais rochas constituintes são os gnaisses porfiroclásticos, biotita gnaisse, muscovita biotita gnaisse e as intrusões diabásicas (PROJETO RADAM/BRASIL, 1983).

3.6 Solos

No levantamento de solos realizado nas terras da antiga fazenda Pinheiros, em escala 1:10.000 (UFRRJ; EMBRAPA/CNPS & UFF/CANP), as unidades principais

unidades de mapeamento foram: Podzólico Vermelho-Amarelo, Latossolo e Podzólico Amarelo nas elevações e Gleí Húmico nas baixadas (Tabela 5).

Tabela 5: Principais Classes de solos de Pinheiral-RJ.

Unidades de Mapeamento	Área aproximada (ha)	%
Podzólico Vermelho-Amarelo (PV)	491,70	38,03
Gleí Húmico	211,63	18,52
Latossolo Amarelo	177,87	10,32
Podzólico Vermelho-Amarelo Planossólico	96,64	8,46
Associação PV + Cambissolo	85,64	7,51
Podzólico Amarelo Latossólico	55,38	4,85
Complexo Podzólico Vermelho Escuro e PV	45,20	3,96
Cambissolo	43,16	3,78
Podzólico Bruno	32,29	2,83
Terra Roxa estruturada Latossólica	17,93	1,57
Brunizém	14,66	1,28
Totais	1212,30	100,00

3.7 Vegetação

A região está inserida em área de domínio ecológico da Mata Atlântica, cuja a vegetação original denomina-se Floresta Pluvial Baixo Montana, característica de zonas de altitudes de 300 e 800 metros. As árvores mais altas alcançam entre 15 e 25 metros, não ultrapassando 40 a 60 cm de diâmetro a altura do peito (DAP). O espaçamento entre as espécies é maior do que o verificado em locais mais baixos, com formação de três estratos aéreos: estrato arbóreo superior, inferior e arbustivo. A presença do estrato herbáceo é pequena, o que confere raleamento da vegetação, permitindo o trânsito de pessoas sem necessidade da abertura de trilhas. Observa-se também a presença de lianas grossas, palmeiras e epífitas.

A vegetação que atualmente predomina na região é constituída por pastagens, tanto as implantadas (principalmente *Brachiaria* spp.), como as naturais não manejadas (capim-gordura – *Melinis minutiflora*, capim-jaraguá – *Hyparrhenia rufa*, sapê – *Imperata brasiliensis*, capim rabo-de-burro – *Andropogon bicornis*, grama batatais – *Paspalum notatum*, outras gramíneas e leguminosas nativas) que apresentam-se em diferentes estádios de degradação, nível de uso e/ou abandono, dando origem às demais formas de vegetação da área, como os pastos sujos e as capoeiras.

Nas tabelas abaixo segue o detalhamento das paisagens ocorrentes na região do estudo (Tabela 6).

Tabela 6: Unidades de paisagens ocorrentes na bacia do Ribeirão Cachimbal.

Paisagem		Caracterização	
Floresta Estacional Semidecidual Submontana		Próprias de áreas de litologia do pré-cambriano e relevo dissecado, esta formação situa-se nas altitudes entre 50 e 500 metros. Apresenta grande distribuição espacial ocorrendo nos tabuleiros costeiros do Rio de Janeiro e Espírito Santo, nos Vales do Paraíba e Sapucaí (os planaltos interioranos das serras do Mar e Mantiqueira). Está relacionada a um clima de duas estações, uma chuvosa e outra seca, apresenta de 20 a 50% de espécies com caducifolia no conjunto florestal.	
Áreas antropizadas	Vegetação secundária	Vegetação desde o primeiro estágio de ocupação até o capoeirão, assim como toda vegetação natural primitiva, que já sofreu exploração seletiva. Formam mosaicos disclímax ou por extensões contínuas dentro da escala regional, sugerindo de imediato que esteja havendo um processo de sucessão a caminho da reconstituição da flora natural.	
	Atividades agrícolas	Reflorestamento	O maior número de áreas observadas bem como as mais extensas são de eucalipto, envolvendo várias espécies. Foram encontrados pequenos grupamentos dispersos.
		Agricultura	É representada por culturas cíclicas e permanentes. Existem várias áreas agrícolas de culturas de subsistência, que não formam áreas extensas.
		Pastagens	Constituem o antropismo de maior extensão e que ocupa áreas significativas nos diversos ambientes. São formadas, principalmente pelo plantio de gramíneas forrageiras, muito comumente mantidas por queima periódica, anual. As pastagens sofrem acelerados processos de erosão e lixiviação, apresentando diversos estágios de degradação.

Fonte: Projeto RADAM / BRASIL, 1983; modificado por OLIVEIRA (1998).

3.8 *Uso das Terras*

A primeira forma de uso da área foi a agricultura extrativista, sendo posteriormente substituída, no período colonial, pela cultura do café. Progressivamente as decadentes lavouras cafeeiras foram substituídas pela pecuária leiteira e pela pecuária de corte, sendo a última de maior expressão e caracterizada por ocupar grandes áreas de pastagens naturais ou implantadas e pelo pequeno uso de mão-de-obra.

Em função das diferentes formas de uso do solo, são observadas no município grandes extensões de áreas com paisagens em diversos estágios de sucessão, encontrando-se em alguns pontos manchas de vegetação secundária em regeneração com o aspecto de ilhas em meio à predominância de pastagens degradadas, nativas e plantadas (Figura 8).



Figura 8: Principais coberturas vegetais verificadas na região: (a) floresta secundária, (b) agricultura e (c) pastagem. Imagem obtida em propriedade particular a 2 km das áreas de estudo, seguindo pela estrada que liga o centro do município de Pinheiral à BR 116 (Rodovia Presidente Dutra).

3.9 Unidades de Estudo

Para o estudo foram selecionadas duas áreas de florestas secundárias, a saber: floresta secundária com aproximadamente 20 anos de regeneração (Floresta de estágio médio - FEM) e floresta secundária com aproximadamente 60 anos de regeneração (Floresta de estágio avançado - FEA) (Figura 9 e Figura 10, respectivamente).



Figura 9: Vista parcial da área de floresta de estágio médio (FEM).

A área de FEM encontra-se com cobertura florestal relativamente desenvolvida, com certa diversidade de espécies e com altura de indivíduos que atinge cerca de 10

metros. Em geral essas áreas, inseridas no contexto regional, sofrem grande pressão antrópica pela busca de madeira para cabos de ferramenta, lenha e mourões para cerca. Encontra-se, portanto, grande quantidade de trilhas e clareiras onde o sub-bosque se apresenta exuberante com algumas espécies oportunistas. É pequena a ocorrência de líquens, epífitas e briófitas nesta formação florestal, o que caracteriza menor estágio de desenvolvimento sucessional.



Figura 10: Vista parcial da área de floresta de estágio avançado (FEA).

As principais espécies encontradas são o Pau-jacaré (*Piptadenia gonoachantha*), Camboatá (*Cupania vernalis*), Embaúbas (*Cecropia sp*), Quaresmeiras (*Tibouchina sp*), Pau-formiga (*Triplares brasiliiana*), Monjoleiros (fam. Leguminosae), Sangue-de-dragon (*Croton urucarana*), Ingás (*Inga sp.*), Mulungu (*Eytrina velutina*), Ipê (*Tabebuia chysotrica*) e Jacarandá bico-de-pato (*Macherium aculeatum*). Vale ressaltar que não foi realizado um levantamento florístico em nenhuma das duas áreas.

Na área de FEA encontra-se o perfil mais próximo do ecossistema original da região – Floresta Atlântica. Esta apresenta uma maior diversidade de espécies florestais, nítida em observações de campo, copas mais homogêneas com altura entre 10 a 15 metros, sub-bosque bem formado mas não tão exuberante como o encontrado na floresta de 20 anos (FEM), banco de mudas estruturado e presença marcante de briófitas epífitas e líquens.

São formações mais frequentes em encosta e dificilmente ocorrem em várzeas, aparecem em situações de topos de morros, em regiões de alta declividade e de difícil acesso. Estas florestas também sofrem pressão antrópica, contudo esta é minimizada

pela determinação dos proprietários das terras onde elas ocorrem, os quais procuram coibir sua exploração.

Em se tratando do contexto local, as áreas de FEM e FEA localizam-se num mesmo morro que possui o comprimento em alinhamento sudoeste – nordeste, sendo que na vertente noroeste localiza-se a área de FEM e na vertente sudeste encontra-se a área de FEA. Cada área possui em torno de 5 ha de área e a vegetação do entorno dessas áreas é predominantemente composta por pasto sujo degradado.

A classificação quanto à conservação da vegetação nas áreas de estudo, Floresta Secundária de 20 e 60 anos, seguem parâmetros da RESOLUÇÃO CONAMA N.º 06, de 04 de maio de 1994, em seu Art. 2º, o qual estabelece: “...As formações florestais abrangidas pela floresta Atlântica no Estado do Rio de Janeiro compreendem a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Estacional Semidecidual que, em seus estádios sucessionais secundários, apresentem parâmetros estipulados com base em amostragens que considerem indivíduos arbóreos com DAP médio de 10 cm”.

“Estádio Médio - FEM

- i. Fisionomia arbustivo-arbórea, cobertura fechada com início de diferenciação em estratos e surgimento de espécies de sombra.
- ii. As árvores têm DAP médio variando de 10 a 20 centímetros, altura média variando de 5 até 12 metros e idade entre 11 e 25 anos.
- iii. Sempre existe uma serrapilheira na qual há sempre muitas plântulas.
- iv. Muitas das árvores do estádio inicial podem permanecer, porém mais grossas e mais altas.
- v. Sub-bosque presente.

Estádio avançado - FEA

- i. Fisionomia arbórea, cobertura fechada formando um dossel relativamente uniforme ao porte, podendo apresentar árvores emergentes com sub-bosque já diferenciado em um ou mais estratos.
- ii. Grande variedade de espécies lenhosas com DAP médio de 20 centímetros e altura superior a 20 metros.
- iii. Comunidade com idade acima de 25 anos.

- iv. Há cipós, trepadeiras e abundância de epífitas.
- v. Serrapilheira sempre presente, com intensa decomposição...”

Os parâmetros empregados para a seleção das áreas foram sua homogeneidade quanto à posição na encosta (terço médio), comprimento e forma da pendente, e classe de solo.

O trabalho foi desenvolvido na microbacia do córrego Caixinha de Areia, afluente do ribeirão Cachimbal e este, por sua vez, deságua no Rio Paraíba do Sul. Esta microbacia localiza-se no limite norte da bacia do ribeirão Cachimbal, próxima a sua foz. Apresenta área de 131,02 ha e 4.650 metros de comprimento de rede de drenagem, com duas estradas não pavimentadas para acesso a seu interior.

A declividade nas áreas de estudo apresenta valores altos conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Declividade média das áreas de estudo

Posição de encosta	Floresta de Estádio	Floresta de Estádio
	Médio (FEM)	Avançado (FEA)
$\frac{1}{3}$	%	
Superior	62,5	42,9
Médio	70,5	64,3
Inferior	67,9	74,1
Média	66,9	60,4

3.10 Avaliação da fertilidade do solo

A coleta das amostras de solo foi feita apenas durante o ano de 1998, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, sendo coletadas 4 amostras compostas (constituídas de 10 amostras simples) de cada uma das áreas. As amostras foram secadas ao ar, destorroadas e peneiradas. No material obtido foram avaliados os teores de carbono orgânico, Ca, Mg, K, Al, Na, P, H+Al, segundo EMBRAPA (1997).

Os resultados foram interpretados através de análise de variância e teste de médias (Tukey, 5% de significância). O software estatístico utilizado para realização

das análises foi o Sistema de Análise Estatística (SAEG versão 5.0), da Fundação Arthur Bernardes, Universidade Federal de Viçosa.

3.11 Avaliação do aporte de material formador da serrapilheira (MFS)

Nas áreas de estudo foram instalados 20 coletores cônicos construídos com um tubo de $\frac{3}{4}$ "', em material plástico de polietileno, disposto de forma circular com as duas extremidades emendadas (Figura 11) de modo este círculo apresentasse área igual a 0,21 m² (perímetro igual a 1,62 m). A este círculo foi acoplado um saco feito com malha de polietileno tipo sombrite agrícola (com 50% de abertura à luminosidade). Essa malha tem a função de acondicionar o material formador da serrapilheira - MFS, sem permitir o acúmulo de água, evitando que se inicie o processo de decomposição do material no período que compreende uma e outra coleta.



Figura 11: Vista lateral do coletor cônico utilizado para coleta de material formador da serrapilheira (MFS).

Este equipamento foi instalado no início do verão de 1998, no dia 26 de dezembro de 1997, a partir do qual o MFS foi coletado mensalmente até o fim do experimento, no dia 21 de março de 2002, marcando o fim da estação do verão deste ano. O material coletado foi secado em estufa, estratificado em folhas, flores, galhos, frutos, cascas e outros, e pesado com o objetivo de avaliar a contribuição de cada uma das frações.

O material estratificado de diferentes amostras foi homogeneizado por estrato, obtendo-se uma amostra que foi triturada e submetida à digestão sulfúrica (TEDESCO *et*

al., 1995). Na alíquota obtida da digestão foram determinados os conteúdos de Ca, Mg, K, P, Fe, Zn, Cu e Mn, através do uso de espectrofotômetro de absorção atômica.

Por não apresentarem distribuição normal, os dados foram interpretados através de estatística descritiva, com a elaboração e discussão de gráficos e tabelas. Além disso foi feita análise de variância não-paramétrica, aplicando-se o teste de Kruskal-Wallis (5% de significância). Também utilizou-se o teste de T de Wilcoxon (5%) que substitui o teste *t* de Student na comparação de duas médias de dados que não possuem distribuição normal. Utilizou-se, também, o SAEG versão 5.0 como software estatístico.

3.12 Avaliação da fauna do solo

Em cada área foram realizadas coletas de dez amostras de solo e serrapilheira com auxílio de coletor metálico (25 cm x 25 cm) (Figura 12). O material coletado foi colocado em extratores do tipo Berlese-Tüllgreen (Figura 13) por 15 dias, para a obtenção da fauna do solo. Decorrido este tempo fez-se a triagem, com quantificação do número total de indivíduos e grupos funcionais.



Figura 12: Vista superior do coletor metálico de amostras para análise de fauna do solo.

As coletas da fauna do solo foram realizadas na metade das estações do verão, outono, inverno e primavera de 1998, inverno de 2001 e verão de 2002.



Figura 13: Visão geral de uma pequena bateria de extratores de Berlese-Tullgren. Fonte: Costa (2002).

Os valores obtidos a partir da contagem dos indivíduos foram transformados para indivíduos por metro quadrado, tendo sido calculadas as médias e os respectivos erros-padrão $\left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right)$ para cada tratamento em cada uma das estações.

Foram calculados os seguintes índices de biodiversidade: Riqueza de Grupos de Margalef ($R = (S - 1) \cdot \ln N$, onde S é o número total de espécies e N é o número total de organismos), Uniformidade de Pielou (U) e Shannon (H) (MARTINS & SANTOS, 2000). A Riqueza de Grupos indica simplesmente o número de grupos presentes no tratamento, enquanto que a Uniformidade é uma medida de equidade, dos padrões de abundância, ou seja, os menores valores obtidos para este índice representam comunidades menos uniformes onde a dominância de um ou mais grupos é mais acentuada (BEGON *et al.*, 1996; citado por OLIVEIRA, 1997). Sua fórmula deriva do índice de Shannon e é calculada a partir de: $U = \frac{H}{\log R}$. Já o índice de Shannon,

calculado a partir da fórmula: $H = -\sum_{i=1}^R P_i \log P_i$, onde P_i é a proporção do grupo i no total da amostra, é considerado por ODUM (1983) um dos melhores índices para que se façam comparações. Ele assume valores que podem variar de 0 a 5, sendo que o declínio de seus valores é o resultado de uma maior dominância de alguns grupos em detrimento de outros (BEGON *et al.*, 1996; citado por OLIVEIRA, 1997). Para decidir se os valores de H diferem significativamente utilizou-se testes t ZAR (1999) e análises de variância, bem como o teste de Tukey (MARTINS & SANTOS, 2000).

Com a finalidade de se verificar se houve algum tipo de preferência quanto à distribuição vertical, ou seja, entre serrapilheira ou solo, foram aplicados testes do Qui-quadrado (χ^2) (PIMENTEL GOMES, 2000). A hipótese nula é a inexistência de qualquer tipo de aderência, ou seja, uma distribuição observada de dados que ajustam-se a uma distribuição esperada sem diferenças entre serrapilheira e solo. Sua fórmula é:

$$\chi^2 = \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe}$$
, onde fo corresponde à frequência observada e fe à frequência esperada (PIMENTEL GOMES, 2000). Deve-se ressaltar que somente nesta avaliação os dados de serrapilheira e solo foram considerados separadamente.

3.13 Avaliação da taxa de decomposição

Tendo sido observado um maior percentual de folhas na composição da serrapilheira das áreas estudadas, (item 4.2) foram coletadas folhas senescentes (folhedo) que iriam compor a serrapilheira antes que estas atingissem o piso florestal. Este material foi secado ao ar e colocado, separadamente, com uma massa de 30 gramas, em sacos de polivinil (*litter bags*) com malha de 4 mm e área de (25 x 25) cm e 1,5 cm de altura. Logo depois foram colocados três repetições (3 *litter bags*) para cada coleta, em cada uma das duas áreas de estudo. Os *litter bags* foram lançados aleatoriamente sobre a superfície do solo, simulando a queda natural do material formador da serrapilheira.

Foram feitas três avaliações da taxa de decomposição pelo método dos *litter bags* neste estudo. Na primeira avaliação (primavera de 2000); foram realizadas coletas aos 45, 60, 75 e 90 dias, já na segunda avaliação, inverno de 2001, aos 15, 30, 53, 70 e 85. Para a terceira avaliação, que ocorreu em 2002, as coletas foram feitas aos 60, 90, 120, 150 e 180 dias.

Após coletados, os *litter bags* foram secados em estufa de circulação de ar forçado ($65^\circ\text{C} \pm 5$) por 24 horas, até atingir peso constante. Logo depois foram levados ao laboratório onde o seu conteúdo foi examinado para retirada de partículas de solos, insetos e outros animais, fungos etc. e por fim foi determinada sua massa em balança analítica com precisão de 0,01 grama. O percentual de material remanescente do processo de decomposição se dá através da aplicação da seguinte fórmula:

$$\text{Remanescente (\%)} = \frac{\text{Massa inicial}}{\text{Massa final}} \cdot 100$$

Os resultados de cada avaliação foram submetidos à uma análise de regressão exponencial, cujo o modelo matemático é: $y = a \cdot e^{bx}$, onde a e b são os coeficientes da curva, e representa o número exponencial, x é a variável independente e y é a variável dependente. Determinou-se, então, o coeficiente da regressão (R^2) e a significância deste foi verificada através do teste de Ajuste de Modelos Pré-definidos Simples (REGREAMD1) do software estatístico SAEG 5.0, com nível de significância de 5%.



Figura 14: *Litter bag* instalado sobre o piso da floresta, sobreposto em relação à serrapilheira.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 *Caracterização da fertilidade do solo*

Os solos identificados nas áreas de estudo enquadram-se na classificação de ARGISSOLO VERMELHO AMARELO ÁLICO Tb (EMBRAPA, 1999), classe predominante na área da antiga Fazenda Pinheiros. Estes solos, por terem sido formados a partir da ação do intemperismo sobre rochas ácidas, principalmente gnaisse e pelo relevo predominante de encostas com declividade variando de 35 a 70 %, têm as seguintes características: avançado grau de intemperismo, drenagem moderada e acentuada, facilmente erodíveis e em geral pouco férteis. Estas características aliadas ao manejo inadequado das áreas cultivadas são responsáveis pelo alto índice de degradação. Entre as propriedades que podem ser usadas para avaliar este grau de degradação destacam-se a espessura do horizonte A e do solum (A+B).

De maneira geral, nas profundidades estudadas, foi observada uma baixa fertilidade natural (Tabela 8), com destaque para os teores do elemento cálcio (Ca) que apresentou valores entre 0,00 e 0,50 cmol_c/kg TFSA. O baixo conteúdo de nutrientes no solo pode estar relacionado com a imobilização destes na biomassa vegetal. As espécies vegetais têm o tronco como principal compartimento de imobilização e, conseqüentemente, menor ciclagem de nutrientes, em curto prazo, para o solo, em especial elementos estruturais como Ca (SILVA, 1998). A baixa quantidade deste elemento (“fome de cálcio”) observada tanto na área de FEM quanto na de FEA, pode indicar também a imobilização deste na própria serrapilheira, uma vez que a decomposição desta camada é lenta. Não foram verificadas variações significativas dos demais elementos entre as estações, o que pode ser atribuído a (1) imobilização pela

biomassa e pela serrapilheira ou (2) a rápida ciclagem de nutrientes na própria serrapilheira.

Tabela 8: Teores médios de nutrientes da análise de fertilidade dos solos nas estações do verão e inverno de 1998.

Área	Estação	Prof. (cm)	Ca + Mg Ca Mg Al H + Al					P	K	C-org g kg ⁻¹
			-----cmol _c kg ⁻¹ de solo-----							
FEM	Verão	00 - 05	1,44	0,48	0,96	1,48	5,92	3,69	0,82	17,64
		05 - 10	1,01	0,11	0,90	2,34	7,32	2,77	0,27	13,13
	Inverno	00 - 05	0,81	0,10	0,72	1,14	7,83	6,31	0,88	35,92 ↑
		05 - 10	0,70	0,00	0,70	1,76	8,73	3,62	0,52	31,33
FEA	Verão	00 - 05	1,46	0,65	0,81	1,74	7,07	10,21	0,83	16,50
		05 - 10	0,86	0,44	0,43	2,19	7,57	2,70	0,72	14,00
	Inverno	00 - 05	0,76	0,05	0,71	1,52	9,10	13,27	0,36	39,28 ↑
		05 - 10	0,57	0,00	0,57	1,92	8,98	11,10	0,38	26,62

O conteúdo de carbono orgânico apresentou maiores concentrações na estação do inverno (Figura 15), indicando que nestas áreas a elevada adição de material formador da serrapilheira (MFS) contribuiu para o aumento do teor de carbono no solo. Este fato pode ser explicado em função da característica fenológica destas florestas, classificadas como floresta estacional semidecidual, que perde parte da biomassa foliar nas estações mais secas do ano como estratégia para reduzir o consumo de água.

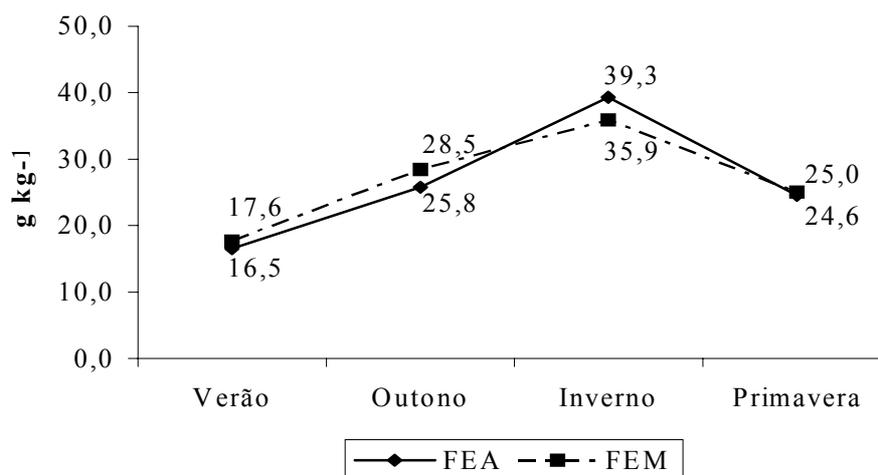


Figura 15: Teores de carbono orgânico do solo das áreas de floresta secundária inicial e tardia (FEA e FEM), de 0 a 5 cm de profundidade, durante o ano de 1998.

No entanto, a baixa velocidade de decomposição da serrapilheira observada nas duas áreas, a qual será detalhada no item 4.5, leva a crer que este aumento não se refere ao que foi aportado como MFS na estação do inverno, mas sim um aumento resultante de deposições de meses anteriores do ano de 1998 (Figura 17) ou mesmo estar relacionado à uma grande deposição de serrapilheira em períodos anteriores a este ano.

A atividade da fauna do solo poderia estar influenciando este aumento do teor de carbono nas áreas de FEM e de FEA, uma vez que se a quantidade de organismos, ou mesmo sua eficiência, aumentasse nessa época do ano, teria-se, assim, uma maior decomposição da serrapilheira e conseqüentemente maior liberação de carbono orgânico no solo. Porém este comportamento não foi o observado em nenhuma das duas áreas, não existindo nenhum índice ou resultado da análise de fauna do solo que leve a conclusões neste sentido. Alguma exceção pode ser feita ao considerarem-se os dados de composição relativa dos grupos funcionais na área de FEA, onde o percentual de organismos saprófagos no outono de 1998 foi de 5%, aumentando para 30% na estação seguinte. Os resultados relativos à fauna do solo serão melhor discutidos no item 4.4.1.2, o qual trata da composição relativa de seus grupos funcionais.

4.2 Aporte de material formador da serrapilheira (MFS)

De acordo com a literatura (GOLLEY, 1978) a quantidade de MFS aportada em florestas tropicais de todo o mundo varia entre 4 e 25 ton. ha⁻¹.

Em média, nas florestas tropicais sobre solos de baixa fertilidade verificam-se depósitos de 7,5 ton. ha⁻¹ de matéria seca na forma de resíduos orgânicos formadores da serrapilheira, enquanto em solos de fertilidade média essa produção é de 10,5 ton. ha⁻¹ e em áreas montanhosas de 6,3 ton. ha⁻¹ (ANDRADE, 1997).

No estudo, as duas áreas de floresta apresentaram quantidades de MFS aportado dentro da faixa observada para os solos de fertilidade média, porém são valores bem maiores quando consideradas as quantidades médias para solos de baixa fertilidade. A área de FEA apresentou comportamento bastante homogêneo quanto ao aporte de MFS, ao longo de todo o estudo. O menor valor aportado nesta área foi de 10,72 ton. ha⁻¹, durante o ano 2000 e o maior valor foi de 11,10 ton. ha⁻¹, no ano seguinte (2001). A área de FEM, por sua vez, apresentou comportamento bastante variado. O menor valor observado foi de 9,40 ton. ha⁻¹ em 1998 e o maior valor foi de 13,14 ton. ha⁻¹ no ano seguinte, sendo este o maior valor de MFS aportado durante todo o estudo (Figura 16).

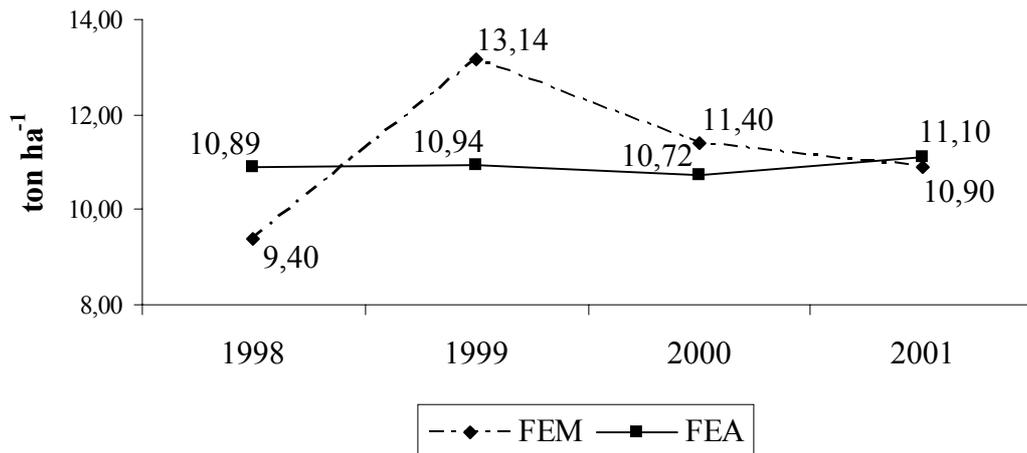


Figura 16: Total de material formador da serrapilheira (MFS) nas florestas de estágio médio e avançado (FEM e FEA, respectivamente), no município de Pinheiral, RJ.

4.2.1 Aporte de MFS no ano de 1998

No ano de 1998, a maior taxa de deposição do MFS ocorreu na área de FEA durante o inverno ($3,85 \text{ t ha}^{-1}$), sendo esta deposição maior que a observada na área FEM na mesma época ($2,29 \text{ t ha}^{-1}$, Figura 17). Comportamento similar, quanto à sazonalidade, foi observado por diversos autores (SILVA, 1982; PERES *et al.*, 1983; SWAMY & PROCTOR, 1994), demonstrando que não só a precipitação total, mas também a distribuição das chuvas ao longo do ano influencia na taxa de deposição de material formador da serrapilheira. As temperaturas médias, que normalmente apresentam-se mais baixas na estação do inverno, podem também ter contribuído para a maior deposição de MFS da área de FEA. O efeito da sazonalidade na deposição da serrapilheira é bem discutido por GOLLEY (1978), onde, segundo o autor, maior produção nos meses mais frios e secos do ano seria uma característica típica de florestas tropicais estacionais e, ao contrário, maior deposição ocorrendo na transição entre a estação seca e a estação chuvosa, seria típico de regiões tropicais e subtropicais.

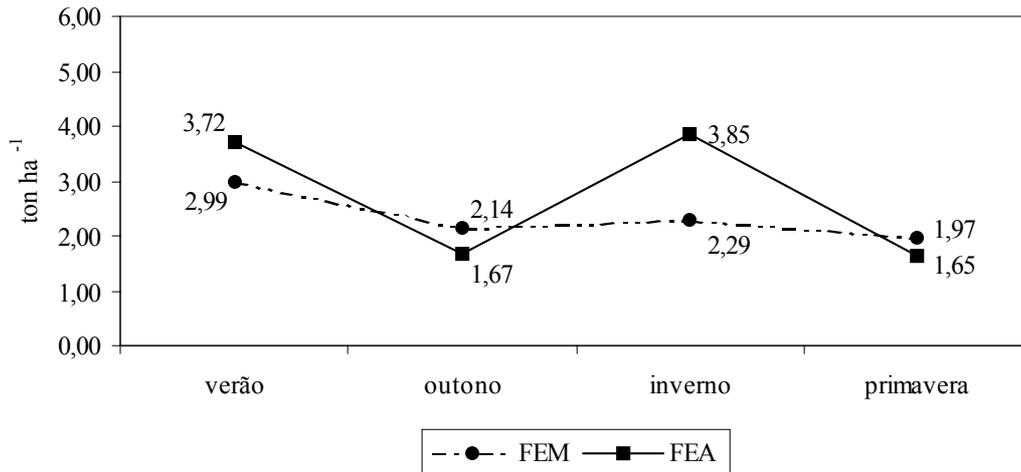


Figura 17: Flutuação do aporte de material formador da serrapilheira (MFS), das áreas de florestas secundárias de estágio médio e avançado (FEM e FEA, respectivamente), adicionado ao longo do ano de 1998, no município de Pinheiral, RJ.

Ainda com relação aos dados do ano de 1998, durante a primavera a área de FEA acumulou $1,65 \text{ t ha}^{-1}$ e a área de FEM, $1,97 \text{ t ha}^{-1}$. Estes resultados, observando o aumento normal na incidência de precipitação pluviométrica do inverno para a primavera (de $47,5 \text{ mm}$ para 154 mm , respectivamente), apontam para uma queda brusca na taxa de deposição de material formador da serrapilheira, a qual pode ser atribuída à restauração da folhagem arbórea após o fenômeno de senescência, característico das espécies semidecíduas, que compõem estas florestas.

As estratificações do MFS, durante as diferentes estações do ano (Figura 18), demonstram que a unidade anatômica vegetal que mais contribui na formação da serrapilheira é a folha, seguida dos ramos. A contribuição das demais unidades (flores, frutos e cascas) oscila em torno de valores sempre inferiores as folhas e/ou ramos. Vários estudos demonstram que um dos principais constituintes da serrapilheira são as folhas, que podem contribuir em até 70%, ou mais, do material adicionado (PROCTOR, 1983; MORELLATO, 1992).

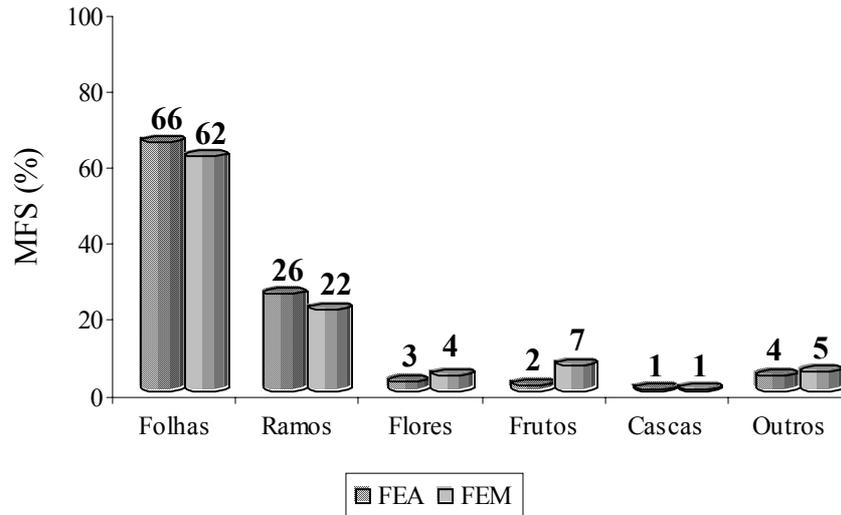


Figura 18: Estratificação do material formador da serrapilheira (MFS) nas áreas de floresta de estágio médio e avançado (FEM e FEA, respectivamente) no ano de 1998, no município de Pinheiral, RJ.

4.2.2 Aporte de MFS no ano de 1999

Durante o ano de 1999, a maior taxa de deposição do MFS ocorreu na área de FEA durante o inverno ($3,83 \text{ t ha}^{-1}$), sendo que a área de FEM aportou um valor muito próximo a esta, neste mesmo período ($3,65 \text{ t ha}^{-1}$) (Figura 19).

O comportamento observado para este ano é muito similar àquele verificado no ano de 1998. Neste ano o efeito da sazonalidade no comportamento caducifólio das áreas também foi observado.

Neste ano foram constatados os maiores aportes de MFS em ambas as áreas estudadas ($13,14 \text{ ton. ha}^{-1}$ na área de FEM e $10,94 \text{ ton. ha}^{-1}$ na área de FEA). Dentre todos os anos estudados, neste foi verificada uma menor variação no aporte de serrapilheira, decorrente dos picos de produção de MFS que ocorreram no verão (estação das chuvas), em função de fenômenos climáticos que forçam o desprendimento de parte da vegetação através de ação mecânica (ventos, chuvas fortes etc.) e no inverno (estação de seca), onde as espécies apresentam uma perda natural de órgãos vegetais, principalmente folhas, em função do comportamento senescente o qual já foi discutido anteriormente (Figura 19).

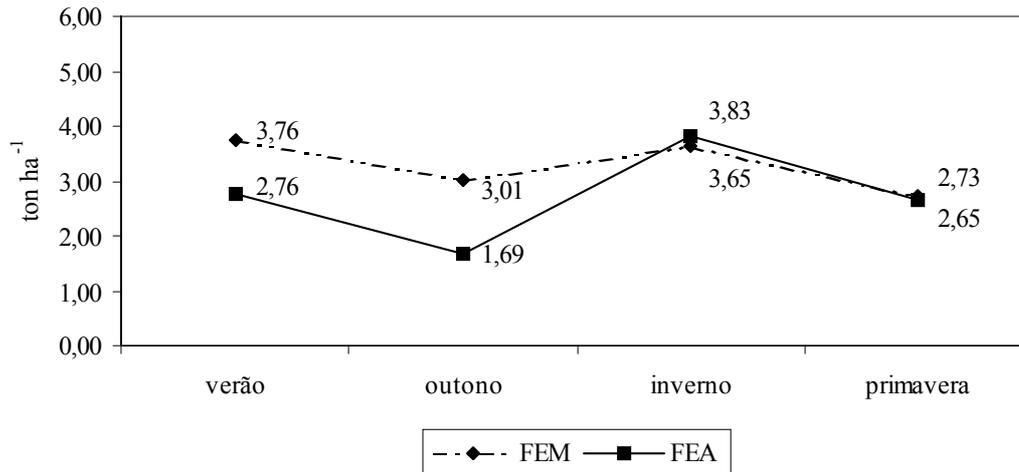


Figura 19: Flutuação do aporte de material formador da serrapilheira (MFS), das áreas de florestas secundárias de estágio médio e avançado (FEM e FEA, respectivamente), adicionado ao longo do ano de 1999, no município de Pinheiral, RJ.

Quanto à estratificação do MFS foram verificadas ligeiras variações em relação ao ano anterior, principalmente no tocante a fração ramos, na área de FEA (Figura 20).

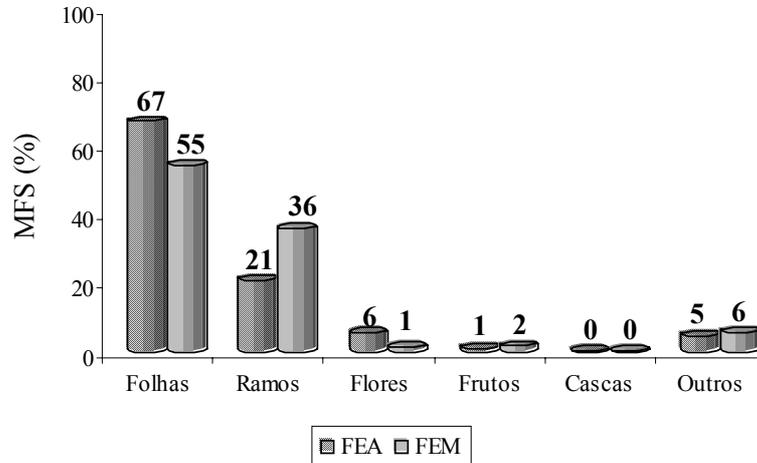


Figura 20: Estratificação do Material Formador da Serrapilheira (MFS) nas áreas de FEM e FEA, no ano de 1999.

4.2.3 Aporte de MFS no ano de 2000

Neste ano, a área de FEM apresentou o maior pico sazonal de produção de MFS na estação do verão (5,44 ton. ha⁻¹). No entanto a produção anual foi 1,74 ton. ha⁻¹ menor do que a observada no ano anterior (13,14 ton. ha⁻¹) sendo esta deposição quantitativamente inferior quando comparada aos anos anteriores.

A maior quantidade de material adicionada no verão, deste ano em especial, pode estar relacionada de alguma forma ao fenômeno *El Niño*. Como não foram obtidos dados climáticos de precipitação pluviométrica, pois não existem estações meteorológicas próximas que possam representar o clima da região, não foi possível correlacionar este comportamento e a precipitação incidente na área.

Em função da ocorrência do *El Niño* pode ter havido um aumento do veranico (período de seca em plena estação chuvosa, típico da região de Pinheiral nos meses de janeiro ou fevereiro), o que para a vegetação, pode ter funcionado como uma indicação da entrada de uma estação seca, onde as espécies iniciam um processo de perda de folhas para evitar o excessivo consumo de água. Tal fato, teoricamente favoreceria uma grande quantidade potencial de material vegetal a ser aportado no piso florestal. Ao fim do veranico, podem ter ocorrido fortes chuvas de verão, que também contribuiriam para adição de MFS. Dessa forma, estariam ocorrendo as duas principais formas de perdas de folhagem pela vegetação da região: a senescência natural (comportamento caducifólia) e a ação mecânica das chuvas (Figura 21).

Com relação à área de FEA, observa-se um comportamento antagônico ao que seria o considerado o padrão (ocorrência de dois picos de produção nas estações de verão e inverno) quanto a dinâmica de deposição de MFS. Para esta área é verificado apenas um pico de produção no outono (Figura 21). Ao fim de 12 meses este comportamento se inverte, quando no verão de 2001 verifica-se um pico de produção de MFS, retornando-se à distribuição normal.

Acredita-se que o mesmo fenômeno que, teoricamente, causou a mudança no aporte de MFS na área de FEM, também foi o responsável pela alteração na área de FEA, sendo que esta mudança foi completamente diferenciada comparando-se as duas áreas. Observam-se diferentes padrões de deciduidade para ambas as áreas. Essas diferenças podem, ainda, estar relacionadas com a proporção de espécies de diferentes grupos ecológicos (pioneiras, secundárias e tardias), sendo influenciadas de forma diversa pela mudança climática. Menores variações no aporte de MFS foram observadas na área de FEA, uma vez que este comportamento pode estar associado ao maior grau de desenvolvimento sucessional, melhor estrutura do dossel e estratificação florestal, e maior estabilidade ecológica observados nessa área.

MESQUITA *et al.* (2002) em seu estudo sobre a biodinâmica de fragmentos florestais na Amazônia, concluíram que as secas decorrentes dos eventos do *El Niño*

têm um importante efeito na mortalidade de árvores, especialmente em florestas de estágio sucessional mais imaturo.

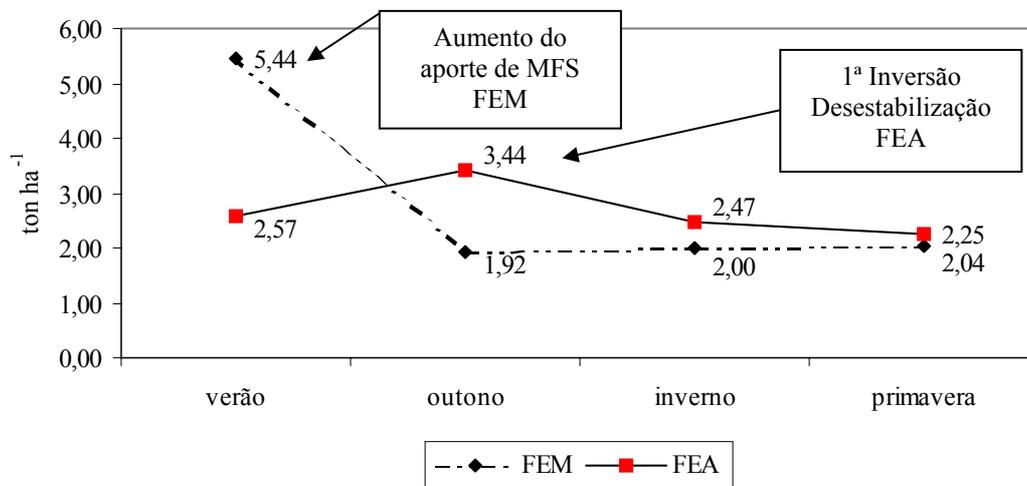


Figura 21: Flutuação do aporte de material formador da serrapilheira (MFS), das áreas de FEM e FEA, adicionado ao longo do ano de 2000, no município de Pinheiral, RJ.

Entretanto essa mudança é mais lenta em ecossistemas mais equilibrados. LEITE (1998) trabalhando com a produtividade de florestas naturais, afirma que o *El Niño*, por trazer um ar mais seco e quente, com precipitação, faz com que o metabolismo da floresta se altere, decaindo a produtividade primária líquida (produção de biomassa), porém a velocidade desse processo é bem mais lenta se comparada à mudança de comportamento em um fragmento florestal.

Com base nisso, supõe-se que ecossistemas florestais mais evoluídos (de estágio sucessional mais avançado), são mais suscetíveis às mudanças climáticas globais, apesar de também serem influenciados, contudo de forma mais amena. Neste estudo, a área de FEM apresentou uma mudança mais drástica quanto à deciduidade, em comparação a área de FEA. Esta última não foi indiferente em se tratando das mudanças provocadas pelo fenômeno *El Niño*, revelando, também, alterações no aporte de MFS. Contudo, observando a questão de um prisma diferente, pode-se supor que ambas as tipologias respondem de igual forma à mudança climática, o que varia é a intensidade da resposta em função da composição florística e da proporcionalidade de espécies de diferentes grupos ecológicos. A Figura 22 apresenta a estratificação do MFS no ano de 2000.

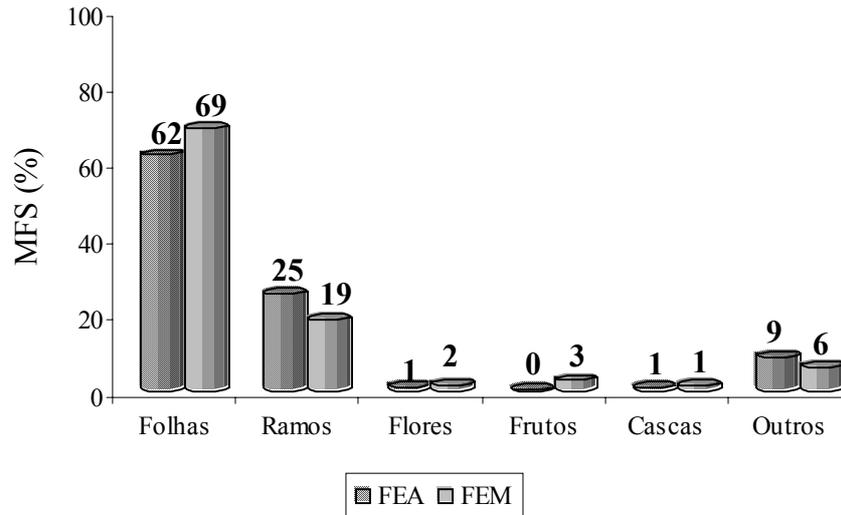


Figura 22: Estratificação do material formador da serrapilheira (MFS) nas áreas de FEM e FEA, no ano de 2000, no município de Pinheiral, RJ.

4.2.4 Aporte de MFS do ano de 2001 e verão de 2002

Em 2001, a maior taxa de deposição do MFS ocorreu na área de FEA durante o inverno ($3,46 \text{ t ha}^{-1}$), sendo que a área de FEM, a exemplo do que ocorreu no ano de 1999, aportou um valor muito próximo, nesta mesma época ($3,22 \text{ t ha}^{-1}$). As duas áreas apresentaram um comportamento similar durante todo o ano, sendo observados picos de produção no verão e no inverno.

A exemplo do que ocorreu no ano de 2000, na estação do verão de 2002 observa-se uma nova inversão no comportamento deposicional da área de FEA, e um outro grande pico de produção de MFS na área de FEM na estação do inverno.

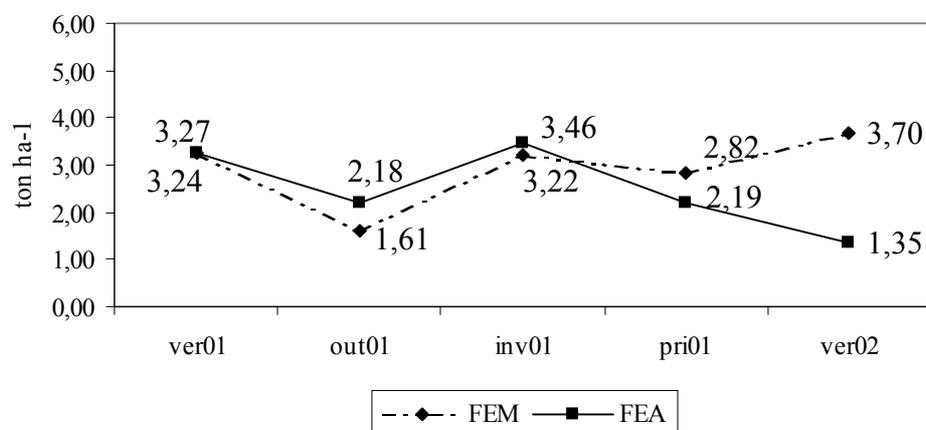


Figura 23: Flutuação do aporte de Material Formador da Serrapilheira (MFS), das áreas de FEM e FEA, adicionado ao longo do ano de 2001 e verão de 2002.

O comportamento observado nas duas áreas no início do fenômeno *El Niño* de 2000, se repetiu no o ano de 2002.

A Figura 24 representa o comportamento do aporte de MFS de todo o período do estudo na área de FEA, ressaltando as mudanças provocadas pela entrada do *El Niño*.

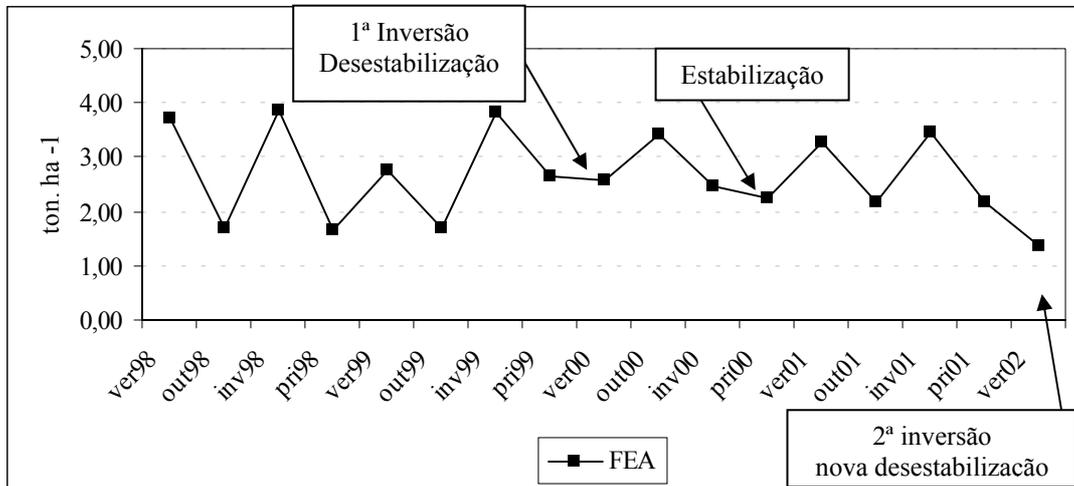


Figura 24: Flutuação da quantidade de material formador da serrapilheira (MFS) para FEA, ao longo dos cinco anos de estudo (1998, 1999, 2000, 2001 e 2002.)

4.3 Composição química do MFS

Foram observadas algumas variações, quanto à composição química do MFS, nos teores de nutrientes entre estações. Entre os micronutrientes, o ferro foi o que apresentou as maiores variações. Também foram verificadas diferenças no conteúdo de cobre na primavera e de manganês no outono. Para os macronutrientes observou-se um aumento no teor de potássio na estação de inverno (Tabela 9). Este último caso certamente reflete o fato deste nutriente não fazer parte de nenhum componente estrutural da planta, passando rapidamente para a solução do solo, uma vez que o MFS deposita-se sobre piso florestal. Os dados de nutrientes aportados ao solo (Tabela 10 e Tabela 11) indicam uma baixa taxa de ciclagem.

Anualmente, são depositados, na serrapilheira da FEA, cerca de 218,9 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 5,8 kg ha⁻¹ de fósforo, 67,4 kg ha⁻¹ de potássio, 107,7 kg ha⁻¹ de cálcio e 37,6 kg ha⁻¹ de magnésio. Já na área FEM observam-se menores valores: 165,5 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 5,4 kg ha⁻¹ de fósforo, 50,1 kg ha⁻¹ de potássio, 88,9 kg ha⁻¹ de cálcio e 29,1 kg ha⁻¹ de magnésio. Comparados com outras florestas tropicais (GOLLEY, 1978; SAMPAIO *et al.*, 1988), estes resultados são altos para todos os nutrientes, sendo em muito superiores aos encontrados para a floresta amazônica, onde os valores foram 14,

11, 11, e 2 (KLINGE & RODRIGUES, 1968) e 18, 13, 13 e 2 kg ha⁻¹ano⁻¹ (SCHUBART *et al.*, 1984), para o Ca, K, Mg e P, respectivamente. Isto pode ser explicado devido a maior taxa de renovação de biomassa via deposição de serrapilheira que as áreas do estudo apresentam, comparação com a taxa de renovação das áreas de vegetação florestal amazônica. A composição e proporcionalidade de espécies pertencentes a grupos funcionais de sucessão mais inicial (pioneiras e secundárias iniciais) também pode contribuir para a característica de maior deposição MFS nas áreas de FEM e FEA, que representam a Mata Atlântica Estacional Semi-Decidual.

Tabela 9: Análises de macro e micronutrientes no tecido vegetal (folhas, ramos, flores, frutos, cascas e outros) do material formador da serrapilheira (MFS) coletado nas áreas de floresta secundária de estágio médio e avançado (FEM e FEA, respectivamente), no município de Pinheiral, RJ.

Área	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
	g/100g					mg g ⁻¹			
Verão									
FEA	1,35	0,04	0,39	0,86	0,26	600	16	76	695
FEM	1,89	0,06	0,31	0,92	0,30	1980	16	74	570
Outono									
FEA	1,83	0,04	0,51	0,80	0,30	900	28	62	575
FEM	1,46	0,06	0,46	0,84	0,30	620	16	60	7455
Inverno									
FEA	1,62	0,04	0,88	0,72	0,30	500	8	44	485
FEM	1,33	0,04	0,72	0,76	0,22	520	12	50	565
Primavera									
FEA	1,95	0,06	0,30	0,94	0,30	1200	28	62	575
FEM	1,46	0,04	0,37	0,78	0,26	720	56	64	665

* FEM: Floresta de estágio médio; FEA: Floresta de estágio avançado

Quanto aos micronutrientes, os maiores teores encontrados foram de ferro, seguido pelo manganês e os menores foram para o cobre e o zinco. SAMPAIO *et al.* (1978), estudando a ciclagem de nutrientes na mata de Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, observou teores semelhantes em relação ao conteúdo de ferro adicionado pelo MFS, porém menores valores do elemento manganês.

Tabela 10: Quantidade média de macronutrientes aportados ao solo das diferentes áreas no ano de 1998, no município de Pinheiral, RJ.

Área	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹ ano				
FEA	218,9	5,8	67,4	107,7	37,6
FEM	165,5	5,4	50,1	88,9	29,1

* FEM: Floresta de estágio médio; FEA: Floresta de estágio avançado

Tabela 11: Quantidade média de micronutrientes aportados ao solo das diferentes áreas no ano de 1998, no município de Pinheiral, RJ.

Área	Fe	Cu	Zn	Mn
	g ha ⁻¹ ano ⁻¹			
FEA	10,6	0,27	0,81	7,74
FEM	10,0	0,26	0,65	6,65

* FEM: Floresta de estágio médio; FEA: Floresta de estágio avançado

4.4 Fauna do solo

4.4.1 Composição Total da Comunidade de Fauna do Solo

Foram obtidas 40 amostras por estação, totalizando 240 amostras no período. Entretanto, devido a problemas ocorridos entre a extração e a triagem da fauna do solo todas as amostras referentes ao outono de 1998, na área de FEM, foram perdidas. Sendo assim, nas 220 amostras aqui consideradas, foram obtidos 6.269 indivíduos.

4.4.1.1 Grupos taxonômicos

Na Tabela 12 é apresentado o número e porcentagem de indivíduos coletados nas duas áreas e nas estações estudadas por grupo taxonômico. Os organismos dos filos Mollusca e Annelida foram identificados até a categoria classe. Os artrópodes das classes Arachnida e da classe Insecta foram identificados até ordem. Neste nível foram feitas, ainda, distinções entre larvas e adultos, no caso dos insetos holometábolos, devido a mudanças funcionais observadas de um estágio para outro, na vida nestes organismos (DANGERFIELD, 1990). Além disto, os indivíduos pertencentes a ordem Hymenoptera foram separados em duas categorias: família Formicidae e demais Hymenoptera. Cabe ainda ressaltar que todos os indivíduos da ordem Acarina foram

descartados, uma vez que as diferenças funcionais características dentro da ordem e uma separação taxonômica mais refinada de seu numeroso efetivo acabariam por demandar muito tempo.

Tabela 12: Número e porcentagem de indivíduos coletados no total. Somatório de duas áreas (floresta secundária de estágio médio - FEM e de estágio avançado - FEA) e de todas as estações por grupo taxonômico, município de Pinheiral, RJ.

<i>Grupos</i>	<i>Nº de ind. coletados</i>	<i>% do total</i>
Formicidae	2.515	40,12
Homoptera	1.093	17,43
Diptera	1.078	17,20
Coleoptera	420	6,70
Trichoptera	206	3,29
Hymenoptera	198	3,16
Araneae	94	1,50
Isoptera	93	1,48
Collembola	73	1,16
Hemiptera	64	1,02
Thysanoptera	59	0,94
Larvas de Coleoptera	41	0,65
Dermaptera	35	0,56
Larvas de Diptera	32	0,51
Psocoptera	32	0,51
Larvas de Lepidoptera	30	0,48
Lepidoptera	30	0,48
Symphyla	29	0,46
Pseudoscorpionida	24	0,38
Chilopoda	20	0,32
Diplura	18	0,29
Blattaria	15	0,24
Isopoda	15	0,24
Orthoptera	12	0,19
Paupoda	10	0,16
Diplopoda	8	0,13
Larvas de Trichoptera	6	0,10
Protura	5	0,08
Thysanura	5	0,08
Plecoptera	3	0,05
Embioptera	2	0,03
Gastropoda	2	0,03
Oligochaeta	1	0,02
Opilionida	1	0,02
Total	6.269	100

Optou-se por um tratamento taxonômico menos refinado devido a uma série de fatores, como por exemplo: (1) à diversidade de organismos encontrados no solo, uma vez que, segundo SOUTHWOOD (1978), provavelmente mais de 75% da biota terrestre está associada ao solo em pelo menos uma das fases de seu ciclo vital; (2) à inexistência de especialistas para todos os grupos e (3) o desconhecimento taxonômico de muitas

espécies. Deve-se ressaltar que a identificação em nível de gênero ou espécie não representa vantagem para definir o papel do organismo no solo (MOLDENKE, 1994).

Dentre todos os grupos estudados; Formicidae (25,57 %), Homoptera (17,43 %) e Diptera (17,20 %) foram os que apresentaram os maiores números de indivíduos no total e, em conjunto, foram de maior ocorrência para o somatório das diferentes comunidades aqui estudadas (com 60,20 % do total) (Tabela 12). O grupo Formicidae foi o que apresentou a maior porcentagem do total de indivíduos coletados (Tabela 12). Se por um lado os altos valores percentuais mostram a relevância deste grupo para a comunidade da fauna do solo, por outro, o hábito social e a repartição do trabalho entre classes os tornam apenas indicativo de sua atividade. Esta observação pode ser considerada como extensiva a Isoptera, um outro grupo conhecidamente social, conforme foi ressaltado por COSTA (2002).

Os grupos taxonômicos de insetos alados, como: Homoptera (17,43 %), Diptera (17,20), Coleoptera (6,70 %), Trichoptera (3,29 %) (Tabela 12), que aparentemente não possuem nenhuma associação funcional com o sub-sistema decompositor, ocorreram em grande frequência. No entanto, dentro da Ordem Coleoptera existem espécies predadoras de organismos do solo, além de indivíduos cujo hábito alimentar podem ser caracterizados como saprofágos. Os Homoptera são, em geral, fitófagos e algumas espécies alimentam-se de raízes, já os demais grupos parecem utilizar o solo apenas como refúgio temporário.

Muitos grupos representam apenas uma pequena parcelas da comunidade como é o caso de Plecoptera (0,05 %), Embioptera (0,03 %), Gastropoda (0,03 %), Oligochaeta (0,02 %) e Opilionida (0,02 %) (Tabela 12).

4.4.1.2 Grupos funcionais

Os grupos taxonômicos foram reunidos em 9 grupos funcionais, conforme proposto por COSTA (2002), a partir de características relativas ao uso do *habitat* e à principal forma de utilização do recurso alimentar (Tabela 13). Todos os indivíduos de Collembola foram considerados como sendo micrófagos, assim como os Hymenoptera, que não pertenciam a família Formicidae, foram considerados como Parasitóides. Além disto, optou-se por fazer uma distinção entre os dois principais grupos de insetos sociais (Formicidae e Isoptera), devido à grande diferença numérica de seus efetivos.

Os grupos funcionais Sociais, Formicidae, Holometábolos e Fitófagos foram dominantes entre todos os indivíduos coletados (Tabela 13). O somatório dos grupos

funcionais de insetos sociais (Formicidae + Isoptera) com os organismos saprófagos responde por pouco menos de 50% do total efetivo da comunidade (Tabela 13).

A fitofagia e a saprofagia, representadas respectivamente por 18,44 e 3,44 % do total de indivíduos, mostraram-se como principais formas de utilização dos recursos alimentares (Tabela 13). Contudo estes valores percentuais para os saprófagos são considerados muito baixos, comparados aos resultados obtidos por COSTA (2002), que foram da ordem de 19,8 %. Os Parasitóides e Predadores, grupos funcionais relacionados a *habitats* mais estruturados, apresentaram-se em porcentagem relativamente baixa em comparação aos outros grupos, com apenas 3,16 % e 2,84 %, respectivamente do total de indivíduos coletados (Tabela 13).

Tabela 13: Número e porcentagem de indivíduos coletados para os diferentes grupos funcionais.

Grupos Funcionais	Nº de Indivíduos Coletados	% do Total
Sociais: Formicidae.	2.515	40,19
Holometábolos - Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera e Diptera.	1.734	27,64
Fitófagos - Heteroptera e Homoptera.	1.157	18,44
Saprófagos - Gastropoda, Oligochaeta, Isopoda, Diplopoda, Symphyla, Pauropoda, Protura, Diplura, Thysanura, Orthoptera, Blattaria, Embioptera, Psocoptera e Thysanoptera.	216	3,44
Parasitóides - Hymenoptera exceto Formicidae e Strepsiptera.	198	3,16
Predadores - Pseudoscorpionida, Aranae, Opilionida, Chilopoda e Dermaptera.	178	2,84
Larvas - de Coleoptera, de Lepidoptera, de Diptera e de Neuroptera	109	1,74
Sociais: Isoptera.	93	1,48
Micrófagos – Collembola.	73	1,16

4.4.2 Índices de Diversidade, Uniformidade e Riqueza

Quando as comunidades são descritas apenas em termos de densidade média, um importante aspecto destas é ignorado. Trata-se do padrão de abundância das espécies presentes, ou seja, a proporção de espécies abundantes e raras (BEGON *et al.*, 1996; citado por OLIVEIRA, 1997).

Neste trabalho, o número total de grupos taxonômicos presentes e a uniformidade das comunidades, ou seja a abundância relativa, também foram avaliados separadamente através de dois índices complementares: a Riqueza de Grupos Taxonômicos e o índice de Uniformidade de Pielou, respectivamente.

Entre os índices mais comumente usados, o índice de diversidade de Shannon mostra-se extremamente apropriado para o uso em ecologia do solo, uma vez que é capaz de atribuir maiores valores às espécies raras presentes na comunidade.

De maneira geral, pode-se afirmar que o índice de Shannon mostrou-se fortemente influenciado pelas diferenças na abundância dos grupos taxonômicos dentro de cada comunidade, ou seja, pela uniformidade (Figura 25 e Figura 26). As variações existentes poderiam, então, estar relacionadas à influência exercida pelas diferenças da riqueza de grupos taxonômicos (Figura 27 e Figura 28).

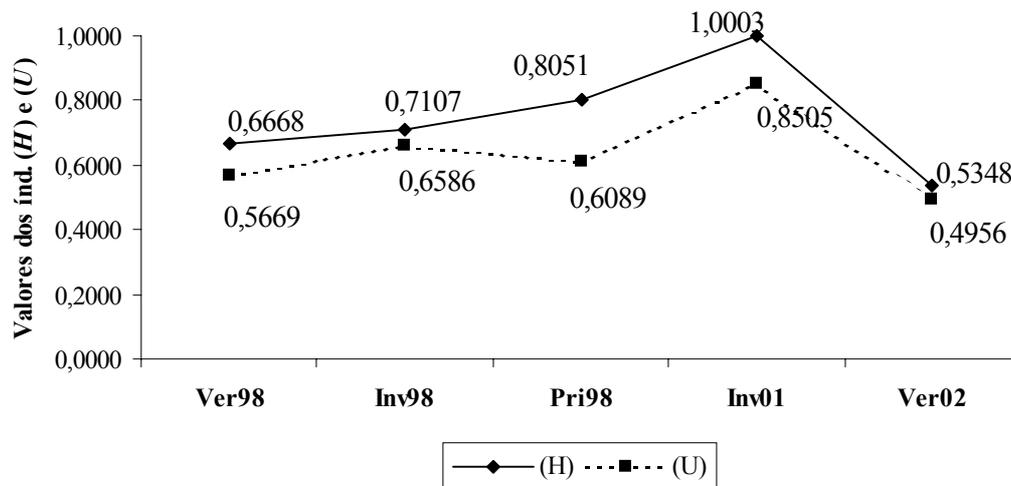


Figura 25: Variações espaciais dos índices de Shannon (H) e Pielou (U), na área de FEM, em cada uma das estações avaliadas.

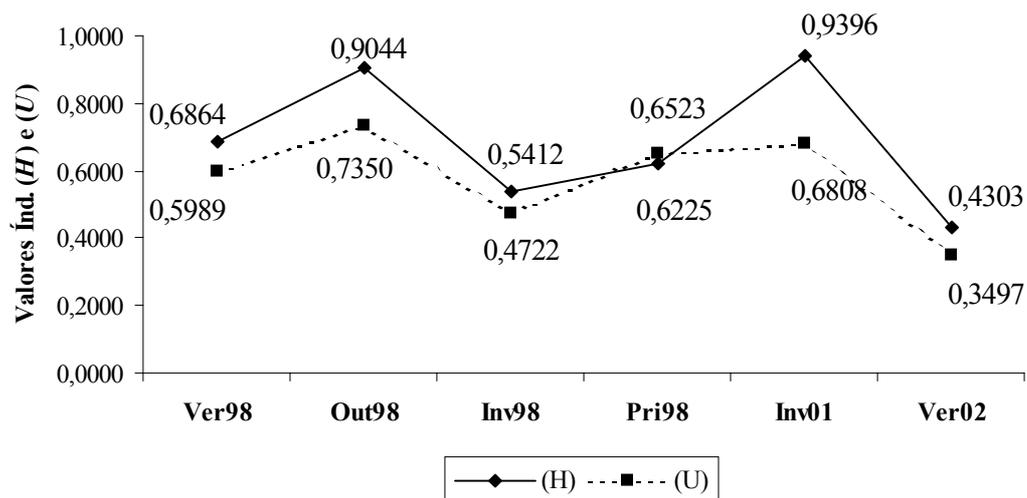


Figura 26: Variações espaciais dos índices de Shannon (H) e Pielou (U), na área de FEA, em cada uma das estações avaliadas.

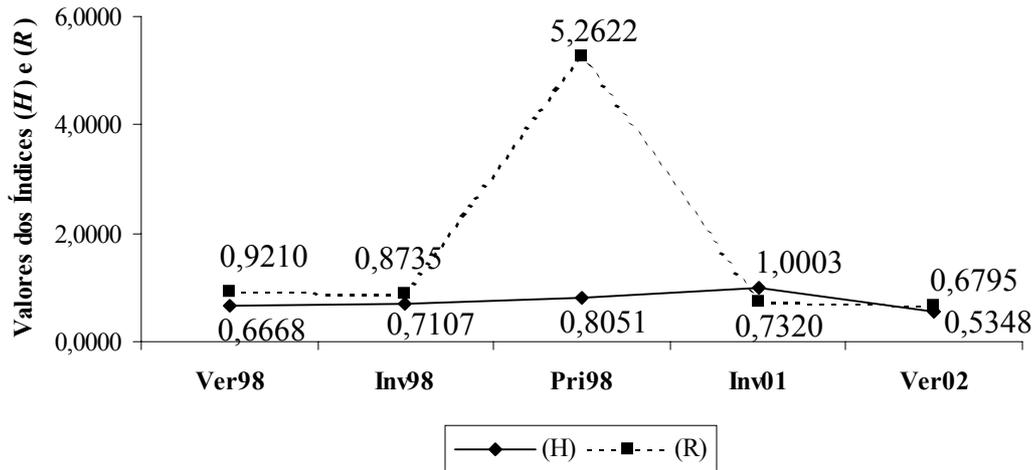


Figura 27: Variações espaciais dos índices de Shannon (H) e de Riqueza de Grupos Taxonômicos (R), na área de FEM, em cada uma das estações avaliadas.

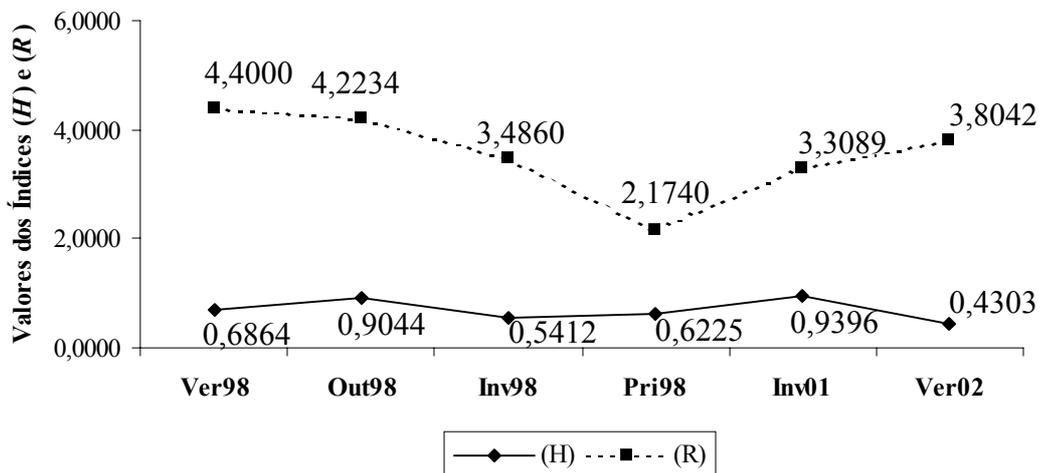


Figura 28: Variações espaciais dos índices de Shannon (H) e de Riqueza de Grupos Taxonômicos (R), na área de FEA, em cada uma das estações avaliadas.

Através da comparação dos índices de diversidade de Shannon (H) e de Riqueza (R), na área de FEM (Figura 27), pode-se observar uma grande variação na primavera de 1998, onde a riqueza (5,26) foi bem maior que a diversidade (0,81). Isto significa que apesar de existirem poucos grupos, proporcionalmente estes eram compostos por muitos indivíduos. Observa-se, dentre os grupos taxonômicos identificados, dominância das ordens Homoptera (3.264 ind. m⁻²), Diptera (784 ind. m⁻²), Hymenoptera (528 ind. m⁻²), Coleoptera (384 ind. m⁻²) e da família Formicidae (208 ind. m⁻²). A média dos outros dezesseis grupos identificados foi de 72 ind. m⁻². Na área de FEA (Figura 28), os resultados apontaram uma maior variação nos índices do que aquela observada na área

de FEM, sendo o índice de Shannon menor que a Riqueza dos grupos. Comportamento inverso a este ocorreu na área de FEA, na primavera de 1998, onde foi verificado um menor valor deste último. Para esta área foi observada um menor valor de Riqueza (2,17). Pode-se dizer que durante o período do estudo as áreas apresentaram um comportamento oposto no tocante a Riqueza dos grupos (Figura 29). Este comportamento sugere a distância quanto ao estado sucessional das áreas.

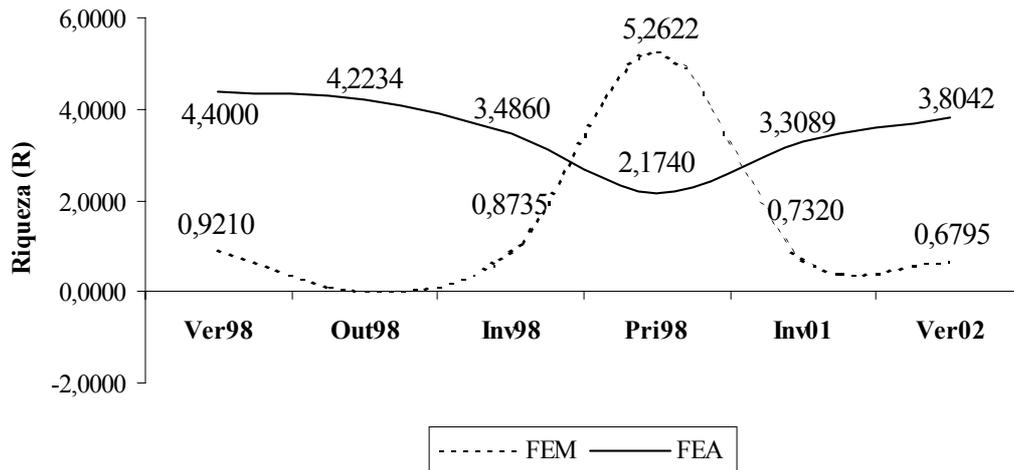


Figura 29: Comportamento do Índice de Riqueza (R) para as áreas de FEM e FEA durante todo o período de estudo.

Durante todo o período de estudo, para as duas áreas foram observadas variações similares quanto ao índice de Shannon (Figura 30).

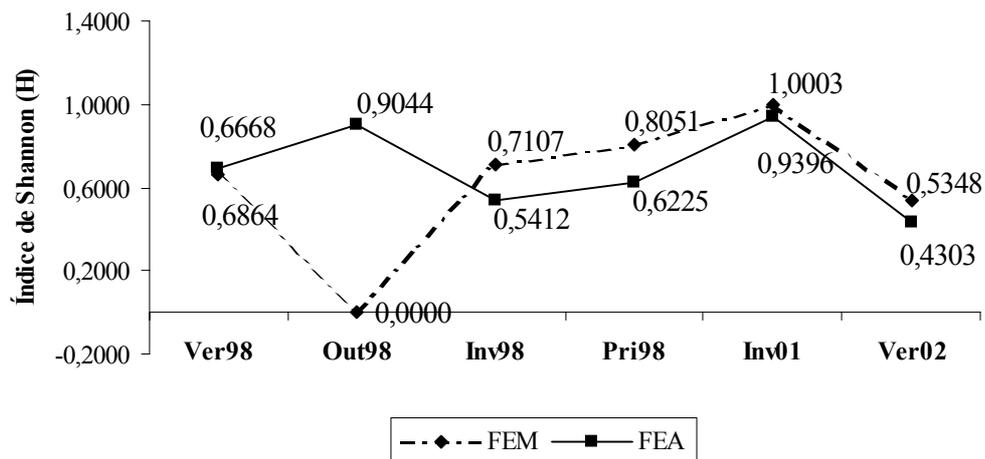


Figura 30: Índice de Shannon nas áreas de FEM e FEA ao longo do estudo.

Os valores referentes ao outono 1998 foram zero em função da perda dos dados desta estação, e não por representarem o comportamento da fauna edáfica neste tratamento.

Os maiores valores do índice de Riqueza dos grupos apresentados na área de FEA, com exceção à primavera de 1998, subentendem uma maior competição por alimento nesta área. Tal fato faz com que os grupos com tendência à dominância (Homoptera, Diptera, Coleoptera, Hymenoptera e Formicidae) não se manifestem desta forma. Como a Riqueza na área de FEM é menor, observa-se sempre a dominância destes grupos.

Uma possível explicação para este comportamento pode estar relacionada ao ambiente mais tamponado quanto às variações em umidade, temperatura do ar e do solo. Nesta área também a oferta de alimento para a fauna (deposição de MFS) é mais homogênea quando comparado à área de FEM (item 4.2).

4.4.3 Distribuição Vertical

A partir da análise da distribuição vertical do total de indivíduos constatou-se a existência de uma distribuição irregular entre as camadas de serrapilheira e solo, uma vez que cerca de $\frac{2}{3}$ a mais de indivíduos da fauna foram encontrados associados à serrapilheira. Entretanto a área de FEA não apresentou diferença significativa entre as duas camadas, ($p \leq 0,05$, Qui-quadrado) considerando-se os indivíduos de todas coletas realizadas nesta área (Figura 31).

A diferença nos valores percentuais entre a serrapilheira e solo apresentou-se não só para o total de indivíduos, mas também entre as estações (Figura 32 e Figura 33). Na área de FEM, as estações verão e primavera de 1998, inverno de 2001 e verão de 2002, apresentaram uma proporção significativamente maior de indivíduos associados à camada de serrapilheira. No inverno de 1998 houve uma inversão, com quase a totalidade de indivíduos no solo (Figura 32).

A distribuição vertical do total de indivíduos nas áreas estudadas demonstrou a existência de uma superioridade numérica de indivíduos ocupando a serrapilheira (Figura 32 e Figura 33). A única estação que apresentou uma proporção significativamente maior de indivíduos associados ao solo foi a área de FEM no inverno de 1998 (Figura 32).

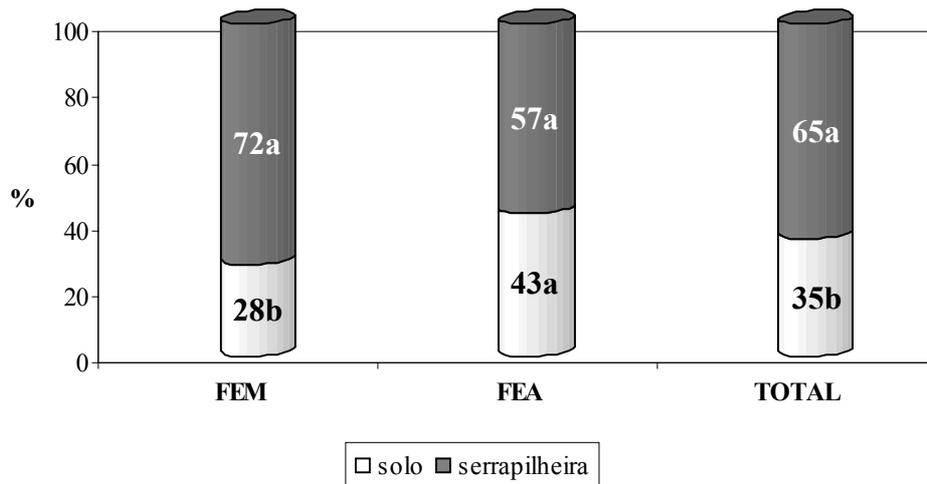


Figura 31: Distribuição vertical em porcentagem para o total de indivíduos nas áreas de FEM e FEA. A diferença estatística é representada por letras (a e b) diferentes, segundo o teste do Qui-quadrado.

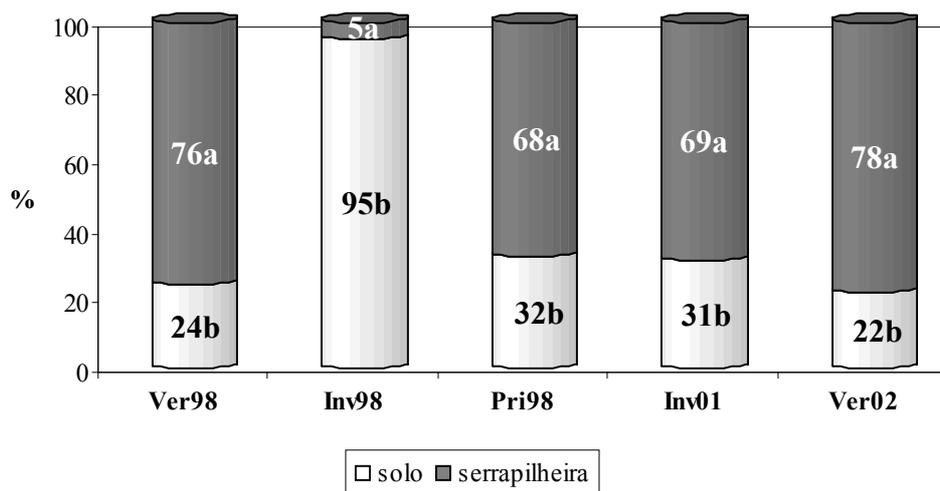


Figura 32: Distribuição vertical sazonal em porcentagem para o total de indivíduos na área de FEM. A diferença estatística é representada por letras (a e b) diferentes, segundo o teste do Qui-quadrado.

A área de FEA apresentou maior número de indivíduos presentes na serrapilheira nas estações de verão e primavera de 1998 e inverno de 2001. Nas demais estações (outono e inverno de 1998 e verão de 2002) não houve diferença entre a proporção de indivíduos na serrapilheira e no solo.

A avaliação da distribuição vertical mostrou a importância da serrapilheira em solos florestais, uma vez que a maior parte dos organismos da fauna do solo encontra-se associada à esta camada.

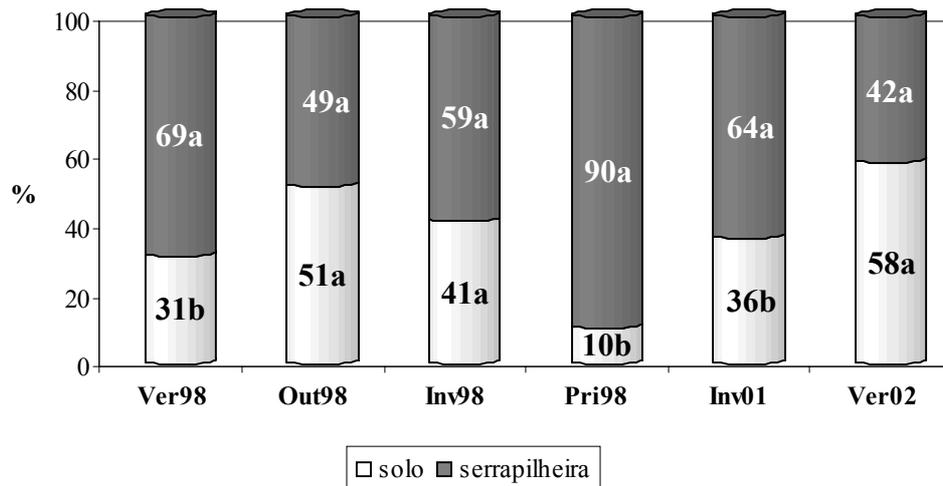


Figura 33: Distribuição vertical sazonal em porcentagem para o total de indivíduos na área de FEA. A diferença estatística é representada por letras (a e b) diferentes, segundo o teste do Qui-quadrado.

Alguns estudos tem confirmado a associação entre a fauna edáfica e a serrapilheira. CORRÊA NETO *et al.* (2001), estudando a fauna do solo em uma área de floresta secundária na FLONA Mário Xavier, em Seropédica, Rio de Janeiro, encontrou uma maior quantidade de indivíduos na serrapilheira do que no solo, no verão de 2000. OLIVEIRA (1997), em seu estudo de fauna do solo no ecossistema de restinga, localizado em Maricá, Rio de Janeiro, encontrou resultados divergentes. Ele observou que a maior parte dos organismos utiliza com maior frequência a camada H + A1, que corresponde à interface entre a serrapilheira e o solo e aponta como principais causas a qualidade do recurso alimentar e as temperaturas mais elevadas das camadas superiores da serrapilheira.

Ao observar um aumento da quantidade de indivíduos na serrapilheira de uma floresta secundária na Ilha Grande, Rio de Janeiro, SILVA (1998) atribuiu esta mudança à variações na temperatura, umidade e ao aumento da quantidade de serrapilheira. O autor afirma ainda que a intensidade da produção de serrapilheira é provavelmente o fator determinante da grande abundância da fauna do solo nesta camada, em detrimento da primeira camada de solo.

4.4.4 Variações da Composição Relativa

A avaliação da composição percentual sazonal dos principais grupos taxonômicos para os diferentes tratamentos permitiu que fossem identificadas variações nas proporções relativas dos grupos durante o período de estudo. Foram identificados os

sete principais grupos taxonômicos de cada tratamento e a proporção percentual foi avaliada para todos estes grupos. A contribuição percentual de todos os outros grupos taxonômicos coletados em cada tratamento foi reunida em uma categoria denominada “outros”.

4.4.4.1 Composição relativa dos grupos taxonômicos

Na área de FEM, os grupos taxonômicos de maior ocorrência na estação do verão de 1998 foram: Formicidae (54 %), Hymenoptera (22 %), Larvas de Coleoptera (4 %), Coleoptera (3 %), Symphyla (3 %), Aranae (3 %), Collembola (3 %) e outros (8 %). No inverno de 1998 estes foram: Formicidae (46 %), Diptera (24 %), Coleoptera (11 %), Larvas de Coleoptera (4 %), Homoptera (4 %), Aranae (3 %), Symphyla (2 %) e outros (6 %). Já na primavera de 1998 a ordem foi: Homoptera (52 %), Diptera (12 %), Hymenoptera (8 %), Coleoptera (6 %), Formicidae (3 %), Lepidoptera (3 %), Psocoptera (3%) e outros (13 %) (Figura 34).

No ano de 2001, estação do inverno apresentou a seguinte seqüência de grupos taxonômicos: Formicidae (25 %), Diptera (24 %) Trichoptera (9 %), Homoptera (9 %), Coleoptera (7 %), Collembola (5 %), Hymenoptera (4 %) e outros (17 %). Finalmente, para o verão de 2002, os grupos apresentaram-se na seguinte ordem: Formicidae (54 %), Homoptera (32 %), Coleoptera (6 %), Aranae (1 %), Hemiptera (1 %), Larvas de Coleoptera (1 %), Diptera (1 %) e outros (4 %) (Figura 34).

A família Formicidae e a ordem Coleoptera, observadas nas cinco estações, estiveram entre os grupos de maior ocorrência dentre os sete destacados. Por pertencer ao grupo funcional dos insetos sociais, a família Formicidae possui grande resistência às variações climáticas o que pode explicar sua ocorrência em todas as estações. O maior número de indivíduos da ordem Coleoptera deve-se a sua grande rusticidade, característica esta que permite a este grupo uma maior resistência às alterações ambientais. Sua importância neste estudo ressalta-se pelo fato de que parte dos indivíduos que compõe este grupo possui um hábito saprófago, atuando na decomposição da liteira.

Diptera e Homoptera destacam-se em 4 estações das cinco, sendo estas: inverno e primavera de 1998, inverno de 2001 e verão de 2002. Estas ordens não representam grande importância para a decomposição da liteira. Contudo atuam indiretamente no sistema decompositor por fazerem parte da cadeia alimentar (Diptera) e por atuarem na aeração do solo e no transporte de microrganismos no solo (Homoptera).

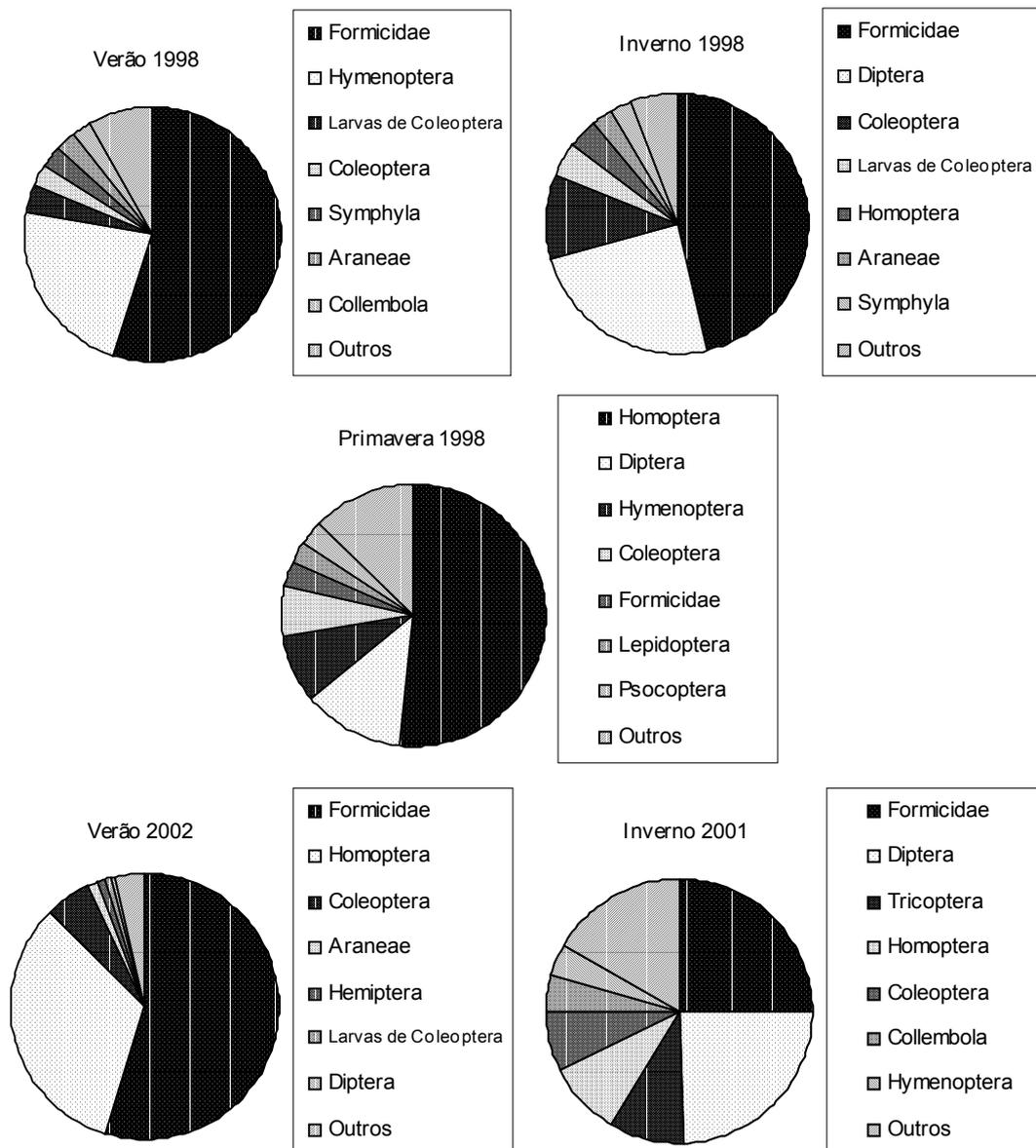


Figura 34: Composição relativa dos grupos taxonômicos de maior densidade na área de FEM em todas as estações estudadas.

A ordem Hymenoptera ocorreu em 3 estações, sendo estas o verão e primavera de 1998 e o inverno de 2001, e a família Araneae esteve presente no verão e inverno de 1998 e no verão de 2002. Os Hymenopteros são em geral parasitóides (excetuando-se Formicidae e Strepsidae). Já os indivíduos da família Araneae são agentes importantes na manutenção do equilíbrio ecológico da fauna do solo, desempenhando a atividade de predação (Figura 34).

O grupo taxonômico denominado de Collembola desenvolve atividade predatória de microrganismos, denominada microfagia. A maior expressão desse grupo ocorreu no verão de 1998 e inverno de 2001. Para as estações do verão e inverno de

1998 o grupo Symphyla teve sua presença destacada entre os sete grupos de maior ocorrência. Este grupo possui uma função de extrema importância na decomposição da matéria orgânica por ser um organismo saprófago (Figura 34).

Na área de FEA, os grupos taxonômicos de maior ocorrência na estação do verão de 1998 foram: Formicidae (58 %), Isoptera (12 %), Coleoptera (11 %), Diptera (3 %), Dermaptera (3 %), Aranae (3 %), Protura (2 %) dentre outros (8 %). A estação do outono de 1998 apresentou a seguinte seqüência: Formicidae (26 %), Diptera (22 %), Coleoptera (19 %), Hymenoptera (9 %) Isoptera (8 %) Homoptera (4 %) Lepidoptera (2 %) e outros (10 %). No inverno de 1998 estes foram: Diptera (50 %), Formicidae (36 %), Hymenoptera (4 %), Coleoptera (2 %), Trichoptera (4 %), Lepidoptera (1 %), Aranae (1 %) e outros (2 %). Já na primavera de 1998 a ordem foi: Homoptera (38 %), Diptera (34 %), Formicidae (13 %), Coleoptera (9 %), Hemiptera (2 %) Hymenoptera (2 %) Isoptera (1 %) e outros (1 %) (Figura 35).

No ano de 2001, estação do inverno, a seqüência de grupos obedeceu a seguinte ordem: Diptera (38 %), Formicidae (18 %) Trichoptera (10 %), Coleoptera (7 %), Hymenoptera (4 %) Homoptera (4 %), Collembola (3 %) e outros (16 %). Para o verão de 2002, os grupos apresentaram-se na seguinte seqüência: Formicidae (76 %), Homoptera (11 %), Coleoptera (3 %), Diptera (1 %), Isoptera (2 %), Aranae (2 %), Larvas de Coleoptera (1 %) e outros (4 %) (Figura 35).

A família Formicidae, assim como as ordens Isoptera e Coleoptera tiveram posições destacadas dentre os indivíduos de maior ocorrência, sendo sua presença constatada em todas as estações avaliadas.

As ordens Isoptera, Homoptera e Hymenoptera, também estiveram entre os sete indivíduos de maior ocorrência, tendo-se destacado em 4 das 6 estações estudadas. A ordem Isoptera ocorreu nas estações de verão, outono e primavera de 1998 e no verão de 2002. A ordem Homoptera esteve presente nas estações outono e primavera de 1998, inverno de 2001 e verão de 2002. Já os indivíduos da ordem Hymenoptera ocorreram nas estações do outono, inverno e primavera de 1998, e no inverno de 2001.

O grupo taxonômico Aranae ocorreu em 3 estações, sendo estas o verão e o inverno de 1998 e o verão de 2002.

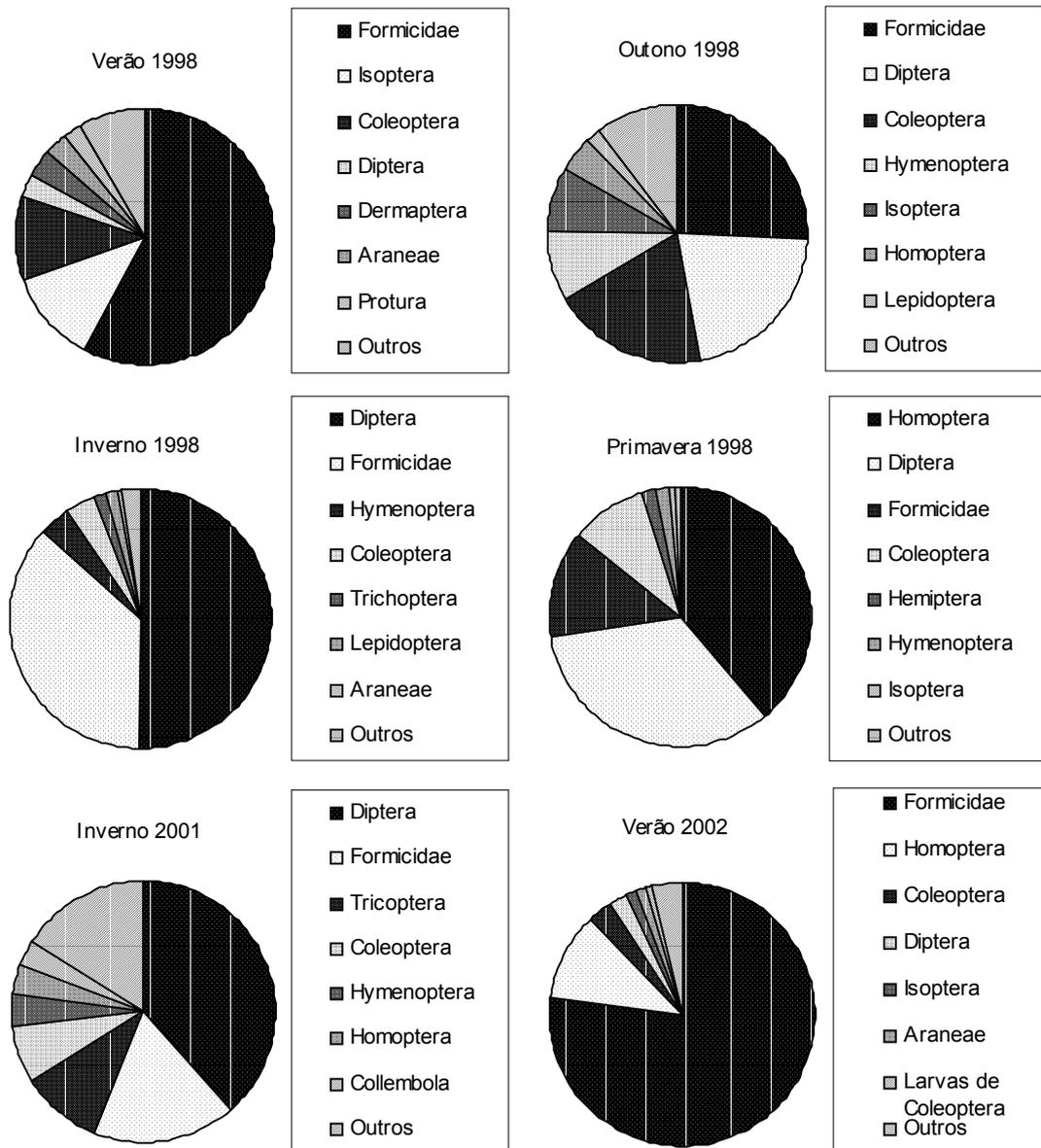


Figura 35: Composição relativa dos grupos taxonômicos de maior densidade na área de FEA em todas as estações estudadas.

Os indivíduos de Protura, Hemiptera, Collembola e Larvas de Coleoptera ocorreram apenas em uma estação. Os Protura ocorreram no verão e Hemiptera na primavera de 1998. Já os Collembola foram verificados no inverno de 2001 e as Larvas de Coleoptera estiveram presentes no verão de 2002 (Figura 35).

Entre os grupos taxonômicos de maior ocorrência, destacam-se as ordens: Coleoptera, Hymenoptera, Homoptera, Diptera e Formicidae. Observa-se que, com exceção de alguns coleópteros, as funções destes organismos dentro do sistema decompositor do piso florestal não representa uma contribuição direta na fragmentação da matéria orgânica. Com base nisto pode-se supor que a velocidade de decomposição

da serrapilheira depende daqueles organismos que não se destacaram nas avaliações de fauna edáfica realizada nas áreas (Figura 35).

4.4.4.2 Composição relativa dos grupos funcionais da categoria “outros”

Os indivíduos apresentados no item anterior como “outros” foram separados por grupos funcionais (Figura 36 e Figura 37). Em estudos que visam a avaliação do processo de decomposição da matéria orgânica decídua deve-se ressaltar a importância do grupo funcional dos saprófagos, pois estes organismos são os maiores responsáveis pela disponibilização dos nutrientes para serem reabsorvidos pelas plantas.

No verão de 1998, o grupo dos saprófagos representou 13 % do total de grupos funcionais na área de FEM. Já no inverno de 1998, nesta mesma área, este número aumentou para 37 % (Figura 36). Este aumento pode estar relacionado com o estoque de serrapilheira disponível naquela área no momento da avaliação da fauna, haja visto que o aporte de MFS no verão deste ano foi de 2,99 ton. ha⁻¹. Este valor, somado ao adicionado no outono (2,14 ton. ha⁻¹) e ainda associando-se a baixa atividade da fauna observada nas áreas de estudo, caracteriza que a área dispunha, naquele momento, de um grande estoque de alimento para a fauna do solo, o que pode vir a justificar o aumento percentual deste grupo funcional.

Na primavera de 1998 o percentual de indivíduos saprófagos dentre a classe “outros” foi muito baixo (2 %) nesta mesma área (Figura 36). O inverno de 2001 apresentou, também, um baixo percentual de indivíduos deste hábito (apenas 2 %), para a área de FEM, observando-se um aumento deste valor (13%) no verão de 2002 (Figura 36).

Na área de FEA, o verão de 1998 apresentou valor percentual de 24 % de indivíduos saprófagos. No outono este valor foi de 41 % e no inverno, de 14 %. Na primavera de 1998 foram observados somente indivíduos da classe dos saprófagos dentre os classificados como “outros” (Diplura e Psocoptera), porém o número de indivíduos foi muito baixo (16 ind. m⁻² para cada um dos grupos taxonômicos citados) (Figura 37). Nesta mesma área, no inverno do ano de 2001, o percentual do grupo funcional (saprófago) foi de 43 % e no verão de 2002 foi de 25 % (Figura 37).

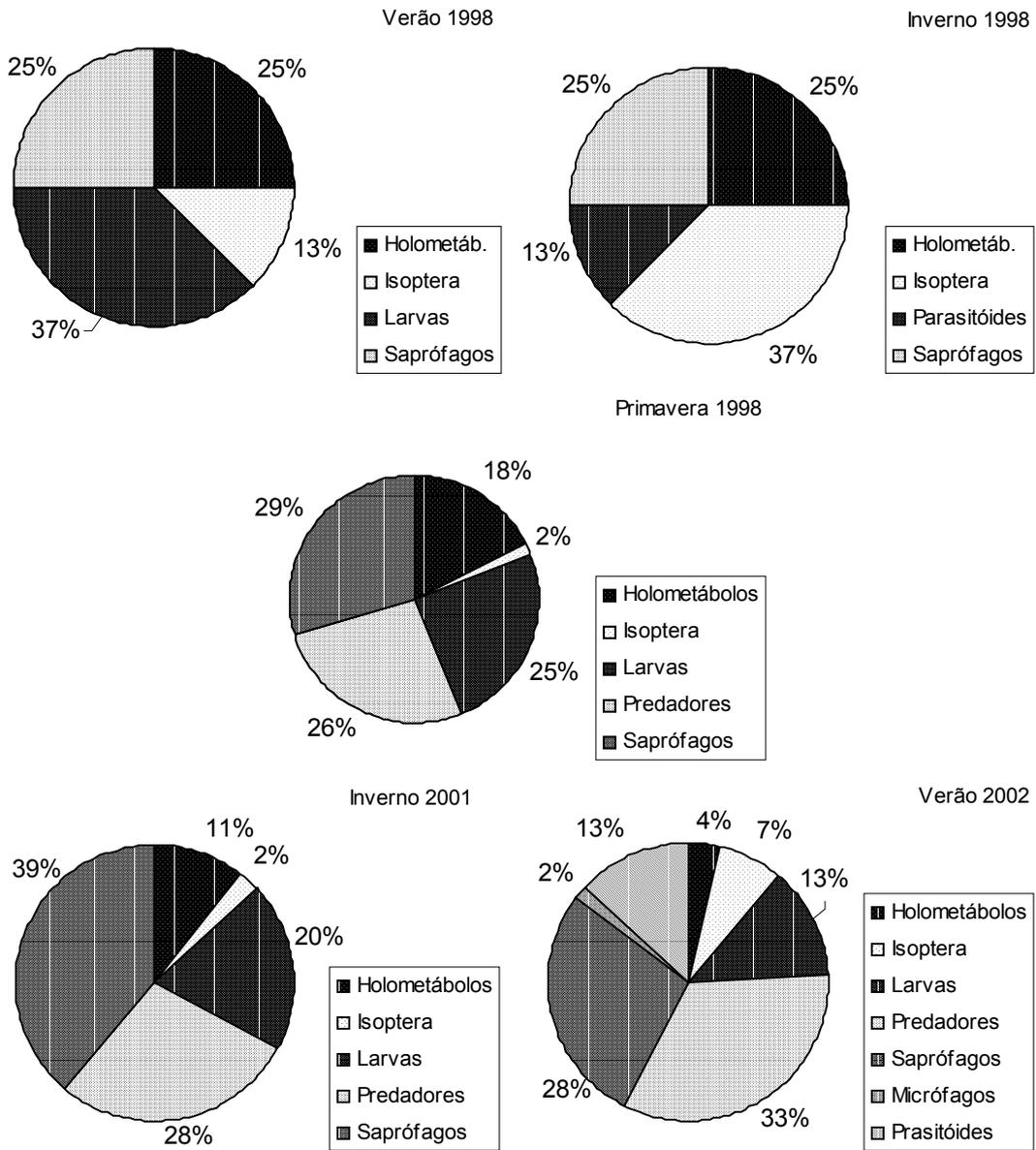


Figura 36: Composição relativa da classe “outros”, por grupos funcionais, ao longo do tempo, na área de FEM.

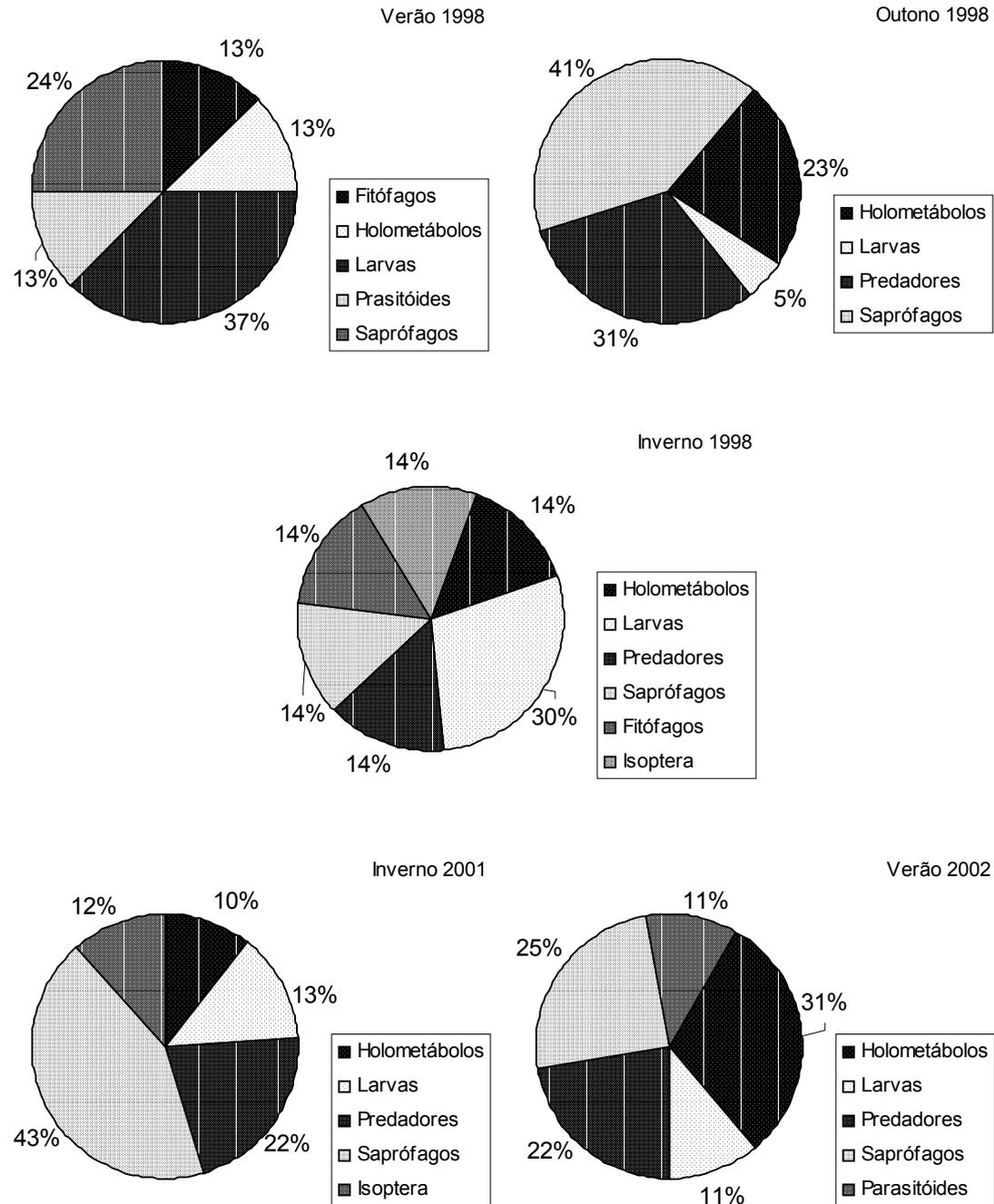


Figura 37: Composição relativa da classe “outros”, por grupos funcionais, ao longo do tempo, na área de FEA.

4.5 Taxa de decomposição

Uma das etapas mais importantes da ciclagem de nutrientes é a decomposição da serrapilheira (HAAG, 1985). O seu acúmulo na superfície do solo é regulado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e sua taxa de decomposição. Quanto maior o aporte de material formador da serrapilheira (MFS) e quanto menor a sua velocidade de decomposição, maior será a camada de serrapilheira acumulada.

Nesse contexto, é de grande importância a compreensão dos mecanismos que regulam esse processo dinâmico, onde a entrada de material através da deposição e a “saída”, ou transformação via decomposição, acontecem quase simultaneamente.

Foram feitas três avaliações da velocidade de decomposição pelo método dos *litter bags*. A 1ª na primavera de 2000, a 2ª no inverno de 2001 e a 3ª, de maior duração do que as outras, durante o ano de 2002 (outono e inverno).

Na primeira avaliação foram feitas coletas dos *litter bags* aos 45, 60, 75 e 90 dias de exposição ao campo. Nesta avaliação a área de FEM apresentou os menores valores de material remanescente de folhas, sendo que na última coleta estes valores ainda representavam 83 % do material original. Já na área de FEA a velocidade de decomposição foi um pouco mais acelerada, com 58 % do material ainda não decomposto aos 90 dias de exposição (Figura 38).

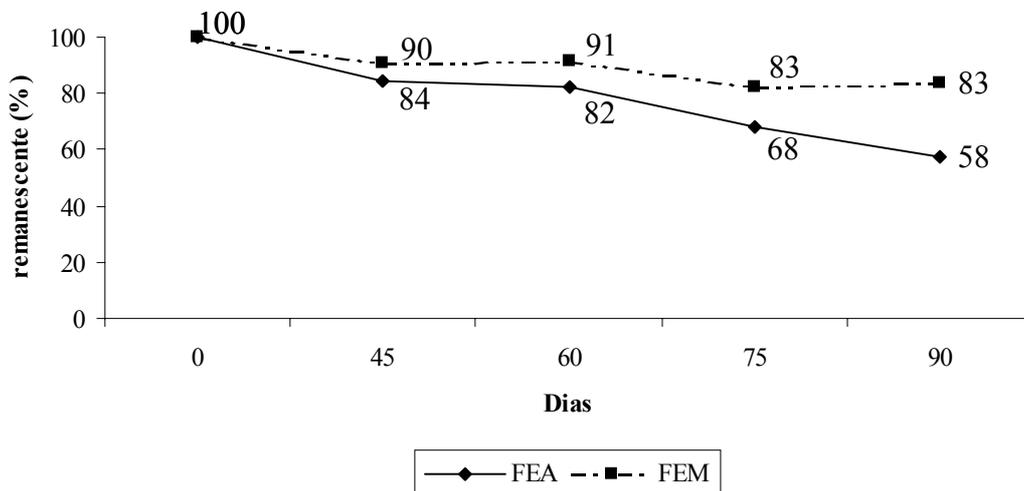


Figura 38: Percentual remanescente de folheto na primeira avaliação da decomposição (primavera de 2000) realizada pelo método dos *litter bags*, nas duas áreas de estudo.

Não foi observada correlação ($r = 0,16$ ns) entre o tempo de exposição do material e o percentual de material remanescente na área de FEM. Na área de FEA o modelo matemático exponencial $y = 105,22e^{105,58x}$ descreveu a velocidade de decomposição. Neste caso houve significância do índice de regressão ($0,75^*$) na velocidade de decomposição ($\alpha = 5\%$) (Figura 39 e Figura 40).

ANDRADE (1997) estudou a taxa de decomposição de *Mimosa ceasalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holocericea* pelo método dos *litter bags*. Após 320 dias de exposição ao campo foi decomposto 37, 40 e 34 % do material inicial desses três

espécies, respectivamente, demonstrando que a serrapilheira destas espécies arbóreas apresentam uma baixa velocidade de decomposição.

GAMA-RODRIGUES (1997), estudando a decomposição do folheto de eucalipto incubado em diferentes sistemas florestais no sul da Bahia, observou diferenças na velocidade de decomposição desse material em função do ambiente, encontrando, após 360 dias, uma perda de massa de 53 % sob floresta natural e 43 % sob o povoamento de eucalipto. O autor sugere que as interações dos fatores abióticos e bióticos que regem a funcionalidade dos ecossistemas florestais atuam positiva ou negativamente na velocidade de decomposição do folheto, mostrando assim que, mesmo em nível local, o processo de decomposição não é influenciado apenas pela qualidade do substrato, mas também pela qualidade do ambiente.

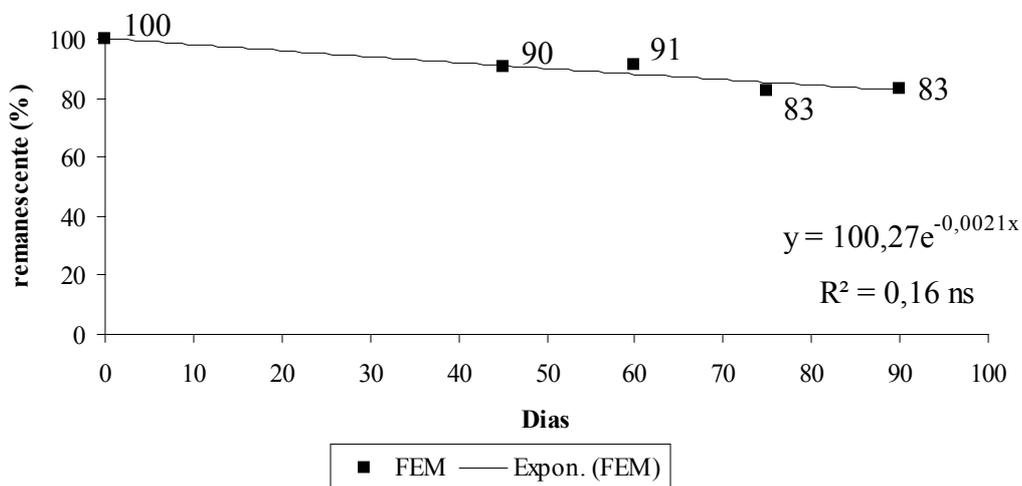


Figura 39: Curva exponencial com coeficiente de regressão, relacionados com a primeira avaliação da taxa de decomposição pelo método dos *litter bags*, da área de FEM (ns = não significativo).

Na segunda avaliação realizaram-se coletas aos 15, 30, 53, 70 e 85 dias de exposição das amostras ao campo. As condições climáticas do inverno de 2001, caracterizadas por baixas taxas de precipitação e temperatura, fizeram com que não houvessem grandes diferenças na taxa de decomposição das áreas FEM e FEA (Figura 41).

Para a área de FEM o percentual de material remanescente foi de 61 % já na área de FEA este valor foi de 65 % (Figura 41). Em relação à primeira avaliação a área de FEM aumentou seu potencial de decomposição do material orgânico aportado, embora não tenha sido observada correlação (0,36 ns) entre o tempo de exposição e o percentual de material remanescente (Figura 42).

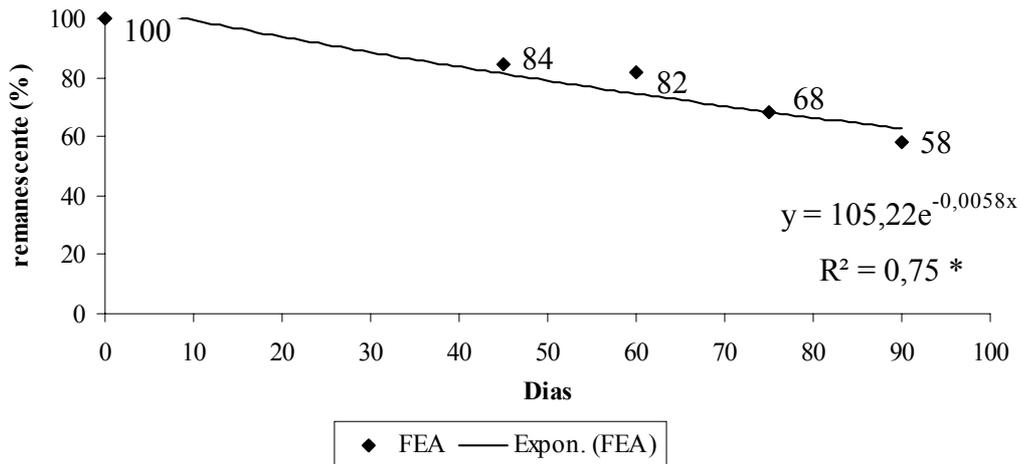


Figura 40: Curva exponencial com coeficiente de regressão, relacionados com a primeira avaliação da taxa de decomposição pelo método dos *litter bags*, da área de FEA (* = significativo a 5% de probabilidade).

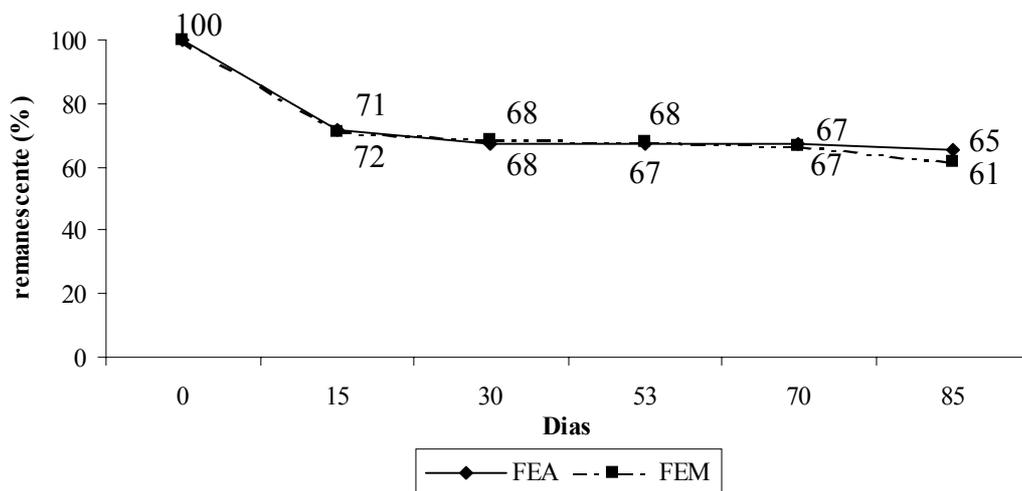


Figura 41: Percentual remanescente de folheto na segunda avaliação da decomposição (inverno de 2001) realizada pelo método dos *litter bags*, nas duas áreas de estudo.

Para a área de FEA foi observado um comportamento oposto àquele verificado na área FEM. Nesta área foi constatada uma baixa taxa de decomposição, sendo que decorridos 85 dias de exposição do material, 61% deste ainda permanecia pouco alterado. Embora tenha havido um aumento no valor da correlação ($r = 0,53$), em relação a área FEA, esta continuou apresentando-se não significativa (Figura 43).

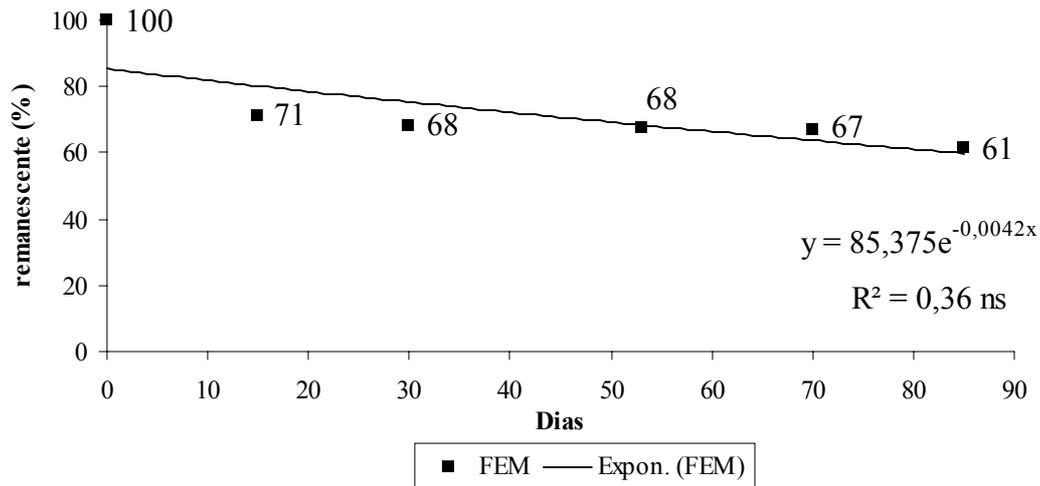


Figura 42: Curva exponencial com coeficiente de regressão, relacionados com a segunda avaliação da taxa de decomposição pelo método dos *litter bags*, da área de FEM (ns = não significativo).

Estes resultados retratam a baixa velocidade de decomposição e consequentemente ciclagem de nutrientes, que a condição climática do inverno impõe sobre a decomposição da serrapilheira, mesmo em áreas de maior equilíbrio ecológico. As principais variáveis climáticas que influenciam este processo podem ser destacadas como sendo: a baixa precipitação pluviométrica e as também baixas temperaturas ocorrentes nesta época do ano.

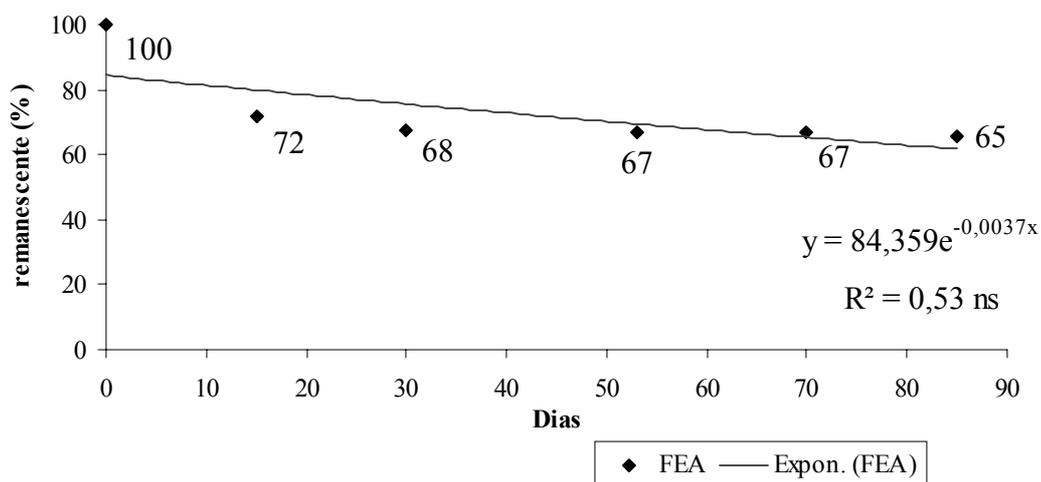


Figura 43: Curva exponencial com coeficiente de regressão, relacionados com a segunda avaliação da taxa de decomposição pelo método dos *litter bags*, da área de FEA (ns = não significativo).

A terceira avaliação teve um tempo de exposição às condições de campo duas vezes maior que nas duas primeiras avaliações, compreendendo as estações de outono e

inverno de 2002. Dessa forma, as amostras foram coletadas aos: 60, 90, 120, 150 e 180 dias.

Os resultados de percentual remanescente de folheto do *litter bag* nas duas áreas, a exemplo do ocorrido na avaliação anterior, foi bastante aproximado. A taxa de decomposição nesta avaliação foi a mais alta de todo o estudo (Figura 44).

Para a área de FEM, ao final dos 180 dias de exposição, apenas 37 % do material original ainda encontrava-se intacto. Nesta área a velocidade de decomposição foi descrita pelo modelo exponencial $y = 79,677 e^{-0,005x}$. Verificou-se uma correlação significativa ($r = 0,58^*$) entre o tempo de decomposição e o material remanescente (Figura 45).

Para a área de FEA, verificou-se uma decomposição da mesma magnitude àquela observada para a área de FEM, sendo verificado apenas 32 % de material remanescente na última data de coleta (180 dias). Nesta área o coeficiente de correlação foi o segundo maior observado em todo o experimento ($0,65^{**}$, Figura 46). Para esta área também o modelo exponencial, $y = 85988 e^{-0,006x}$, foi aquele que melhor se ajustou para descrever a velocidade de decomposição.

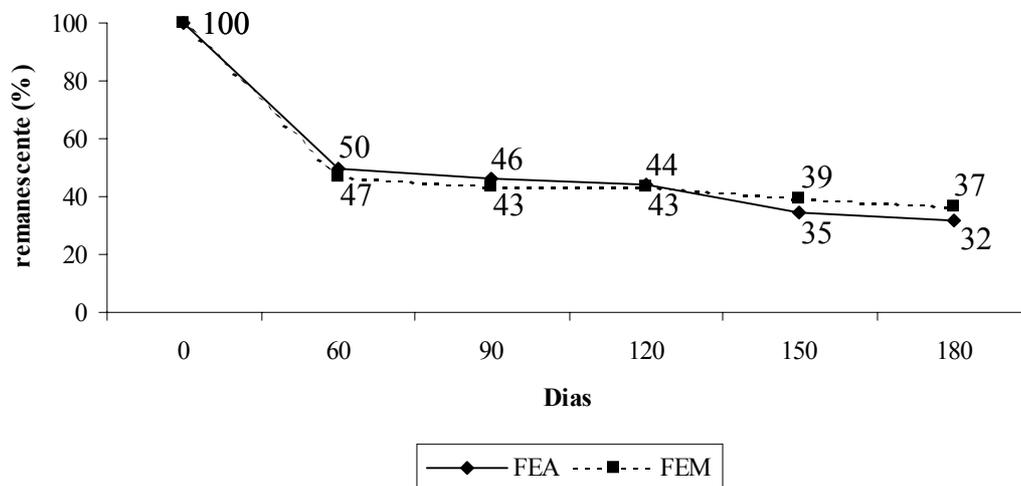


Figura 44: Percentual remanescente de folheto na terceira avaliação da decomposição (ano de 2002) realizada pelo método dos *litter bags*, nas duas áreas de estudo.

GIACOMINI *et al.* (2000), utilizando o método dos *litter bags* na avaliação de decomposição de restos culturais em Santa Maria, Rio Grande do Sul, encontraram valores da ordem de 44 % de material de ervilhaca decomposto com apenas 30 dias de exposição ao campo. Neste mesmo estudo, 31 % de massa seca de aveia, que é um

material de alta relação C/N, quando comparado à ervilhaca, foi decomposto no mesmo período de tempo.

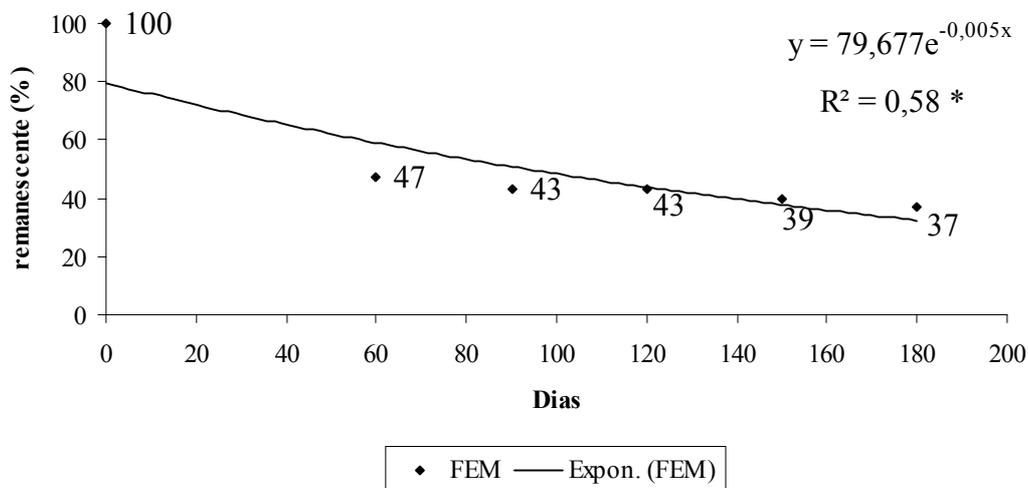


Figura 45: Curva exponencial com coeficiente de regressão, relacionados com a terceira avaliação da taxa de decomposição pelo método dos *litter bags*, da área de FEM (* = significativo a 5 % de probabilidade).

UZÊDA *et al.* (2002) comparando a decomposição de uma área de mata natural e outra de cultivo de morango, na no município de São Roque, estado de São Paulo, encontraram valores de massa seca decomposta de 28 % para o cultivo e 41 % para a mata, após 105 dias de exposição do material ao campo em *litter bags*. A maior eficiência do ecossistema natural foi atribuída a maior diversidade de fauna do solo encontrada nesta área, em detrimento da área de cultivo, sendo ainda a riqueza funcional um dos determinantes do ritmo da ciclagem de nutrientes.

SHOELLES *et al.* (2002) ao estudarem a decomposição de milho e guandu em Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, concluíram que a decomposição dos resíduos foi mais intensa nos primeiros 30 dias. A taxa de decomposição dos resíduos é maior no início do processo, quando os compostos menos recalcitrantes são utilizados pela microbiota. Após 150 dias, a decomposição dos resíduos foi bastante reduzida, com exceção do guandu mantido na superfície, que apresentou uma diminuição significativa de matéria seca. Os autores afirmam ainda que a incorporação do material no solo acelerou a degradação dos resíduos.

GOLLEY (1978), encontrou maiores taxas de decomposição do folheto em uma floresta tropical no Panamá, registrando após 9 meses uma perda de até 87 % do material original. Já em avaliações realizadas em três sítios cobertos com floresta

tropical na Ásia, ANDERSON & SWIFT, (1983) verificaram uma perda média de 47 % do material inicial após 10 meses de exposição deste.

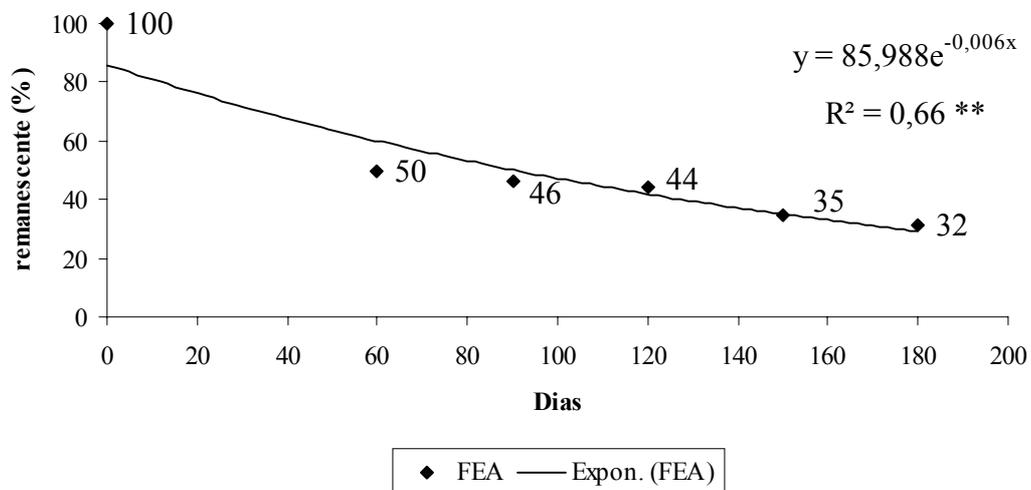


Figura 46: Curva exponencial com coeficiente de regressão, relacionados com a terceira avaliação da taxa de decomposição pelo método dos *litter bags*, da área de FEA (= significativo a menos de 1% de probabilidade).**

Os resultados apresentados nas três avaliações mostram que a velocidade de decomposição nas áreas estudadas é relativamente lenta necessitando de mais de 180 dias para haja degradação de pouco mais de 60 % do material. Desta forma, pode-se concluir que existe uma necessidade de estudos melhor elaborados para a avaliação da decomposição de material decíduo com o emprego do método dos *litter bags*.

5 CONCLUSÕES

A baixa fertilidade observada nos solos da região, decorrente do elevado grau de intemperização que os solos possuem, confere a ciclagem de nutrientes um importante papel no tocante à manutenção da comunidade florestal e todos os organismos associados a esta.

O grande aporte de serrapilheira, a baixa atividade da fauna do solo, em especial devido à pequena ocorrência de indivíduos saprófagos, e a baixa taxa de decomposição, podem estar indicando uma adaptação evolutiva do ecossistema em questão, uma vez que o solo não possui nutrientes disponíveis e em concentrações que satisfaçam a demanda deste ecossistema. Dessa forma, uma baixa atividade decompositora deixaria de ser um prejuízo para a ciclagem garantindo a manutenção dos nutrientes dentro do ecossistema, minimizando as possíveis perdas por escoamento superficial e lixiviação.

Quanto ao aporte de serrapilheira, a área de FEM apresentou uma dinâmica diferente da área de FEA. Na primeira observaram-se grandes variações quanto a deciduidade, ao passo que a segunda respondeu com maior estabilidade às mudanças climáticas sazonais. Ressalva deve ser feita quando da ocorrência do fenômeno *El Niño*, nos anos de 2000 e 2002, onde a área de FEA, unicamente nestas épocas do estudo, apresentou uma mudança no comportamento decidual.

As estratificações do MFS, durante as diferentes estações do ano, demonstram que a unidade anatômica vegetal que mais contribui na formação da serrapilheira é a folha, seguida dos ramos. A contribuição das demais unidades (flores, frutos e cascas) oscila em torno de valores sempre inferiores as folhas e/ou ramos.

A avaliação da fauna do solo ressaltou a importância dos grupos taxonômicos Formicidae, Coleoptera, Diptera, Homoptera e Hymenoptera, embora estes, de maneira

geral, não contribuem de forma direta na decomposição da matéria orgânica, com exceção à família Formicidae e a alguns indivíduos da ordem Coleoptera. Os índices de diversidade (H), uniformidade (U) e Riqueza (R) revelaram diferenças peculiares entre as duas áreas estudadas, ressaltando, por este aspecto, a distância sucessional existente entre elas. A avaliação da densidade mostrou que as duas áreas apresentaram grande pobreza de indivíduos durante todo o período do estudo, quando se comparam os resultados aos obtidos por outros pesquisadores. Esta característica indica uma peculiaridade do ambiente estudado, que é possivelmente decorrente do histórico de uso degradante que a região possui, desde o início de sua colonização.

A avaliação da distribuição vertical mostrou a importância da serrapilheira em solos florestais, uma vez que a maior parte dos organismos da fauna do solo encontra-se associada a esta camada.

Quanto aos estudos do processo de decomposição da serrapilheira deve-se ressaltar a importância do grupo funcional dos saprófagos, pois estes organismos, dentre os que compõem a fauna do solo, são os principais responsáveis pela disponibilização dos nutrientes para serem reabsorvidos pelas plantas. No estudo, este grupo funcional obteve baixa frequência, o que pode ser uma explicação para a baixa taxa de decomposição observada.

Destacam-se, também, como resultados importantes deste estudo, a baixa velocidade de decomposição observada em todas as três avaliações. Este fato indica que o ambiente local evoluiu para uma otimização dos nutrientes contidos na biomassa e na necromassa (serrapilheira). Esta característica torna-se mais importante quando observada a pobreza natural de nutrientes nos solos da região.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos neste estudo pode-se destacar como indicadores de qualidade do ambiente florestal da região de Pinheiral, RJ, o aporte do material formador da serrapilheira e a caracterização da fauna do solo. A taxa de decomposição não se apresentou como um bom indicador desta qualidade em função da característica natural do ecossistema estudado, que aparentemente diminui a velocidade de decomposição da serrapilheira como estratégia quanto às perdas de nutrientes por lixiviação e escoamento superficial, entre outras formas.

Para realização de trabalhos com o mesmo enfoque propõe-se um prévio levantamento florístico com quantificação e qualificação do material decíduo advindo das espécies de maior IVI (índice de valor de importância) separadamente das demais espécies. Dessa forma pode-se obter como resultado a determinação de espécies nativas de maior aptidão para recomposição de áreas degradadas com enfoque na produção e decomposição da serrapilheira.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SABER, A. Domínios morfoclimáticos e solos do Brasil. In: V. H. Alvarez, L. E. F. Fontes & M. P. F. Fontes (Ed.) **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. SBCS e UFV, Viçosa-MG, 1996. p. 1-18.

ABER, J.D & MELLILO, J.M. **Terrestrial ecosystems**. Reinhart & Wintson, Inc. Orlando, FL. USA. 1978, 428p.

ANDERSON, J. M. & SWIFT, M. J. Decomposition in tropical forests. In: Sutton, S. L.; WHITMORE, T. C. & CHADWICK, A. C., eds. **Tropical rain forest ecology and management**. Oxford, Blackwell, 1983.

ANDRADE, A. G. **Ciclagem de Nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas**. Tese de Doutorado, UFRRJ, Instituto de Agronomia, Seropédica, RJ, 1997. 182p.

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In Vargas, M. A. T. & Hungria, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. EMBRAPA / CAPAC, Planaltina, DF, p.363-443, 1997a.

ASSAD, M. L. L. Papel da macrofauna edáfica de invertebrados no comportamento de solos tropicais. **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Rio de Janeiro, conferências, (cd-rom), 1997b.

BARROS, M.E.O. **Comparação da fertilidade do solo, das características húmicas e da biomassa microbiana em plantios arbóreos de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis* em Linhares, ES**. Dissertação de Mestrado, UFRJ, Departamento de Ecologia, Rio de Janeiro, RJ, 1994. 90p.

CORRÊA NETO, T. A., Pereira, M. G., Correa, M. E. F., Anjos, L. H. C. dos. Deposição de serrapilheira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e floresta secundária. **Floresta & Ambiente**, vol. 8, nº 1, 2001. 70-75p.

CORREIA, M. E. F. **Organização da comunidade de macroartrópodos edáficos em um ecossistema de Mata Atlântica de Tabuleiros, Linhares (E.S.)**. Dissertação de Mestrado, UFRJ, Pós-graduação em Ecologia, Rio de Janeiro, RJ. 1994. 76p.

CORREIA, M. E. F. Organização de comunidades da fauna do solo: o papel da densidade e da diversidade como indicadores de mudanças ambientais. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 26, jul. 1997, Rio de Janeiro. *CD-Rom ...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. Palestras, seção 3. 20 p.

COSTA, P. **Fauna do Solo em Plantios Experimentais de *Eucalyptus grandis* Maiden, *Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Acacia mangium* Willd.** Dissertação de Mestrado, UFRRJ, Seropédica, Instituto de Agronomia, Dpto de Solos, 2002. 93p.

DALZELL, H. W.; BIDDLESTONE, A. J.; GRAY, K. R. THURAIRAJAN, K. **Soil management: compost production and use in tropical and subtropical environments**. FAO, Rome, 1987.

DANGERFIELD, J. M. Abundance, biomass and diversity of soil macrofauna in savanna woodland and associated managed habitats. **Pedobiologia**, n. 34, p. 141

DELITTI, W. B. C. **Estudos de ciclagem de nutrientes: Instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres**. Revista Oecologia Brasiliensis, Volume I: Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros. Pós-graduação em Ecologia, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 1995, p. 469-486.

EMBRAPA / CNPS, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA/CNPS. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, RJ. 1997. 212p.

FASSBENDER, H.W. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2ª ed. Turrialba, Costa Rica: **Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza**. 491p. 1993.

FROUFE, L. C. M. **Aporte de serrapilheira e de nutrientes em plantios puros e consorciados de *Eucalyptus grandis* Maiden e duas leguminosas fixadoras de N₂ (*Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Acacia mangium* Willd)**. Dissertação de Mestrado, UFRRJ, Instituto de Agronomia, Seropédica, RJ, 1999. 84p.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/ISA. **Formações florestais e ecossistemas associados da Mata Atlântica**. Mapa disponível em “Dados da Mata Atlântica”, site: <http://www.mma.gov.br> , consórcio entre Fund. SOS Mata Atlântica e INPE, 2000.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da. **Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solos de tabuleiro da Bahia, Brasil.** Tese de Doutorado, UFV, Viçosa, MG, 1997, 107p.

GARAY, I. **Rérelations entre l'hétérogénéité des litières et l'organisation des peuplements d'arthropodes édaphiques.** École Normale Supérieure, Laboratoire de Zoologie, N° 35. PhD Thèse. 192pp. 1989.

GIACOMINI, S. J.; AITA C.; CHIAPINOTTO, I. C.; HÜBNER, A. P.; ANDRADA, C.; NICOLOSO, R. S. da; FRIES, M. R. Consorciação de plantas de cobertura: II decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa. **FertBio 2000**, Santa Maria, RS, Resumos expandidos, 2000 (*cd-rom*).

GOLLEY, F.B. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida;** tradução de Eurípidas Malavolta. São Paulo: EPU. Ed. da Universidade de São Paulo, 1978.

GONZÁLEZ, M.I.M. & GALLARDO, J.F. El efecto hojarasca: una revisión. **Anales de Edafología y Agro biología.** p. 1130-1157, 1986.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais.** Campinas, SP, Brasil. Fundação Cargil, 1985, 114p.

HAAG, H.P. A nutrição mineral e o ecossistema. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O. & YAMADA, T. In: **Ecosfisiologia da produção agrícola.** Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.49-52, 1987.

HALENDÁ, C. Nutrient content of *Acacia mangium* plantation. In: **Nitrogen Fixing Tree Research Reports**, Hawaii, 7: 46-48, 1989.

HAMMEL, K.E. Fungal degradation of lignin. In. CADISCH G. & GILLER, K.E. **Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition.** CAB INTERNATIONAL. PP: 33-46. 1997.

HEAL, O.W. ANDERSON, J.M. & SWIFT, M.J. Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In.: CADISCH, G. & GILLER, K.E. **Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition.** CAB INTERNATIONAL. PP: 3-30. 1997.

IBRAHIMA, A.; JOUFRE, R. & GILLON, D. Changes en litter during the inicial-leaching phase: an experimental on the leaf of Mediterranean species. **Soil Biological Biochemistry**, 27 (7); 931-939. 1995.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos.** Editora Agronômica "Ceres" Ltda., Piracicaba, SP, 1-25p, 1985.

KINGE, H. & RODRIGUES, W.A. Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. I Litterfall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. **Amazoniana**, v. 1, p. 387-302, 1968.

LANDSBERG, J. J. & GOWER, S. T. **Applications of physiological ecology to forest management**. Academic Press. CSIRO, Institute of Natural Resources and Environment, Canberra, Australia and University of Wisconsin, Department of Forestry, Madison, Wisconsin, USA. 1997. 355p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal** (tradutores Antônio de Pádua Danesi & Hildegard T. Buckup); revisão técnica e notas Antônio Lamberti. São Paulo, EPU, 1986.

LAVELLE, P. & KOHLMANN, B. **Étude quantitative de la macrofaune du sol dans une forêt tropicale humide du Mexique** (Bonampak, Chiapas). *Pedobiologia*, Jena, 377-393, 1984.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A.; TOUTAIN, F.; BAROIS, I & SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, 25(2): 130-150, Washington, 1993.

LEITE, M. **Amazônia “emagrece” por causa do *El Niño***. Conselho Nacional da Reserva Biológica da Mata Atlântica (CN-RBMA), São Paulo, SP. Site: www.unicamp.br/nipe/rbma/ninio.htm , 1998.

LIMA, H. C. & GUEDES-BRUNI, R. R. **Serra de Macaé de Cima: Diversidade e Conservação em Mata Atlântica**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 1997. 346p.

LOPES, M. I. S.; DOMINGOS, M.; STRUFFALDI-DE VUONO, Y.; *Ciclagem de nutrientes minerais*. In: SYSLVESTRE, L. s. & ROSA M. M. T., **Manual metodológico para estudos botânicos na mata atlântica**. EDUR – UFRRJ, Seropédica, RJ, 2002, p.72-102.

MACEDO, F. W. **Medidas de diversidade biológica**. UTAD, Portugal, 1999.

MARTINS, F. R. & SANTOS, F. A. M. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. **Holos**, Centro de Estudos Ambientais da Universidade Estadual Paulista, Edição Especial, p. 236-267. 2000.

MENEZES, C. E. G. **Diagnóstico de degradação do solo em função da topografia e cobertura vegetal no município de Pinheiral, RJ**. Dissertação de Mestrado, UFRRJ, Instituto de Agronomia, Seropédica, RJ. 1999. 186p.

MESQUITA, R. C. G. de; *et al.* Dinâmica biológica de fragmentos florestais. INPA, Manaus, AM, site: www.inpa.gov.br/~pdbff/sumario.html , 2002.

MMA. Dados da Mata Atlântica. Brasil, Ministério do Meio Ambiente, site: <http://www.mma.gov.br/port/sbf/pnf/projetos/napma/n2dados.html> , 1995.

MOLDENKE, A. R. Arthropods. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*. USA: Soil Science Society of America, 1994, p. 517-542. (Book Series, no. 5).

- MORELLATO, L.P.C. Nutrient cycling in two south-east Brazilian forest. I Litterfall and litter standing crop. **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, p. 205-215, 1992.
- MYERS, R.J.K.; PALM, C.A.; CUEVAS, E.; GUNATILEKE, I.U.N. & BROSSARD, M. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: WOOMER, P.L. & SWIFT, P.L. **The biological management of tropical soil fertility**. John Wiley and Sons. p.81-116, 243p. 1994.
- NASCIMENTO, M.T. & PROCTOR, J. **Insect defoliation of a monodominant Amazonian rain forest**. *Journal of Tropical Ecology*: 10, 1994. 633-636p.
- NEBEL, B. J. & WRIGHT, R. T. **Environmental Science: the way the world works**. 5ª. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 689p.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986, 434 p.
- OLIVEIRA, J. A. **Caracterização da bacia do Ribeirão Cachimbal – Pinheiral, RJ e de suas principais paisagens degradadas**. Dissertação de Mestrado, UFRRJ, Instituto de Florestas, Seropédica, RJ, 1998. 143p.
- OLIVEIRA, L. C. M. **Caracterização de macroartrópodos edáficos em uma mata de restinga, Maricá**. Dissertação de Mestrado, UFRJ, Instituto de Biologia, Rio de Janeiro, 1997. 92p.
- PEIXOTO, A. L.; ROSA, M. M. T. *Característica da Mata Atlântica*. In: **Manual Metodológico para Estudos na Mata Atlântica**. EDUR – UFRRJ, Seropédica, RJ, 2002, p.9-15.
- PERES, J.R.R.; SUHET, A.R.; VARGAS, M.A.T.; DROZDOWICZ, A. Produção de resíduos vegetais em áreas de cerrados do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, p.1037-1043, 1983.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística Experimental**. 14. ed. revista e ampliada. Piracicaba: Universidade de São Paulo / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000. 477p.
- PRITCHETT, W. L. **Properties and management of forest soils**. John Wiley and Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto. 500p. 1979.
- PROCTOR, J. *Tropical forest litterfall. I. Problems of data comparison*. **Tropical Rain Forest**, 1983. 267 – 273p.
- PROJETO RADAMBRASIL. **Folhas SF 23/24. Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1983. 446p. (Levantamento de Recursos Naturais, 32).
- REIS, M. G. F. & BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N. F. & NOVAIS, R. F. de. 1990. **Relação solo – Eucalipto**, Viçosa, ed. Folha de Viçosa, 1990. 265-301p.

REZENDE, J.L.P.; GARCIA, Q.S.; SCOTTI, M.R. & LEITÃO, M.M. Decomposição de folhas de *Dalbergia nigra* e *Eucalyptus grandis* incubadas em terra de mata e de eucaliptal. In. **Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas**, 3. Trabalhos Voluntários. UFV – MG. P. 136-143. 1997.

RICHARDS, B.N. & CHARLEY, J. L. Mineral cycling process and system stability in the eucalypt forest. **For. Ecology and Manag.**, 7: 31-47. 1984.

SAMPAIO, E.V.S.B.; NUNES, L.S.; LEMOS, E.E.P. Ciclagem de nutrientes na mata de dois irmãos (Recife-PE) através da queda de material vegetal. Brasília, DF, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n° 10, p.1055-1061, 1988.

SANCHEZ, P.A. **Properties and management of soils in the tropics**. John Wiley and Sons. New York, 409p. 1976.

SCHOLLES, D.; VARGAS, L. K.; VERBA, J. C.; SANTOS, C. L. dos. Atividade e decomposição de resíduos de guandu e de milho na superfície ou incorporados ao solo. **FertBio 2002**, Rio de Janeiro, RJ, Resumos expandidos, 2002 (*cd-rom*).

SILVA, M.F.F. **Produção anual de serrapilheira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme na área do Rio Tocantins, Pará**. INPA/FUA, Manaus, AM, Tese de Mestrado, 1982, 78p.

SILVA, R. F. **Roça Caiçara: Dinâmica de Nutrientes, Propriedades Físicas e Fauna do Solo em um ciclo de Cultura**. Tese de Mestrado, UFRRJ, Instituto de Agronomia, Seropédica, RJ, 1998. 30p.

SOUTHWOOD, T. R. E. *Ecological Methods - with particular reference to the study of insect populations*. 2. ed. London: Methuen & Co, 1978. 391 p.

SOUZA, J. A. & DAVIDE, A. C. Deposição de serrapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrela*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **CERNE**, UFV, Lavras-MG, Vol.7, n°1, p.101-113, 2001.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry – genesis, composition reactions**. John Wiley & Sons. New York, 1982. 443p.

SWAMY, H.R. & PROCTOR, J. Litterfall and nutrient cycling in four rain forests in the Sringeri area of the Indian Western Ghats. **Global Ecology and Biogeography Letters**, v. 4, p.155-165, 1994.

SWIFT, M. J., HEAL, O. W. & ANDERSON, J. M. **Decomposition in Terrestrial Ecosystems**. California : University of California Press, 1979. 372p.

TEDESCO, J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análises de Solo, Planta e outros materiais**. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS. 1995. 174p.

TOKY, O.P. & BISHT, R.P. **Observations on the rooting patterns of some agro forestry trees in an arid region of northwestern India**. Agroforestry Systems, Hisar, 18:245-263, 1992.

TOLEDO, L. O. Influência da cobertura vegetal na ciclagem de nutrientes e na fauna edáfica em áreas de floresta secundária no município de Pinheiral-RJ. **Monografia submetida como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Florestal**. UFRRJ, Seropédica, RJ, 2000. 50p.

UNICAMP, Disciplina de Ciências do ambiente do curso de Engenharia de Controle e Automação. *El Niño*. www.pagina310.hpg.ig.com.br , 2002.

UZÊDA, M. C.; LAVELLE, P.; GARCIA, M. A. O papel da fauna do solo na dinâmica de decomposição de um material de alta relação C/N. **FertBio 2002**, Rio de Janeiro, RJ, Resumos expandidos, 2002 (*cd-rom*).

VITOUSEK, P.M. & SANFORD, JR. R.L. Nutrient cycling in most tropical forest. **Annual Review ecology Science**, v. 17, p.137-167, 1996.

WARDLE, D. A., YEATES, G. W., WATSON, R. N. & NICHOLSON, K. S. The detritus food-web and the diversity of soil fauna as indicators of disturbance regimes in agro-ecosystems. **Plant and Soil**, v. 170, p. 35-43. 1995.

WILSON, E. O. **Biodiversidade**. Tradução de *Biodiversity*. Ed. Nova Fronteira. Tradutor: Marcos Santos Ricardo Silveira. Rio de Janeiro, RJ. 1997. 657p.

ZAR, J. H., **Biostatistical analysis** – 4th ed. Prentice Hall, Uper Saddle River, New Jersey, 1999, 663p.