

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA**

**O EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA FLORESTA COM ARAUCÁRIA
POR MONOCULTURAS FLORESTAIS SOBRE A DEPOSIÇÃO DE
SERRAPILHEIRA E A CICLAGEM DE NUTRIENTES**

DEISI BRISTOT

Orientador: Dr. Carlos Roberto Sörensen Dutra da Fonseca

São Leopoldo, RS, Brasil

2008

B861e Bristot, Deisi

O efeito da substituição da floresta com araucária por monoculturas florestais sobre a deposição de serrapilheira e a ciclagem de nutrientes / por Deisi Bristot -- 2008.

56 f : il. ; 30cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Biologia, 2008.

“Orientação: Prof. Dr. Carlos Roberto Sörensen Dutra da Fonseca, Ciências da Saúde”.

1. Ecologia vegetal. 2. Biomassa. 3. Ciclagem - Nutriente. 4. Serrapilheira. 5. Floresta Araucária - Substituição - Habitat. I. Título.

CDU 581.5

A Deus, por guiar meus passos,

Ofereço.

A meus pais Levino e Dorvalina, pela vida, amor e apoio incondicionais;

a meus irmãos Ledevir e Lilian, e a meus cunhados Elene e Marcelo e

a toda minha família da qual tenho muito orgulho de fazer parte;

a Evandro, quem sempre amei...que bom te reencontrar...;

aos meus amigos que durante este curso estiveram torcendo por mim, Dedico.

Agradecimentos

Ao Dr. Carlos Fonseca, um verdadeiro Mestre e amigo. Obrigada por entender as fases e situações da minha vida durante o curso. Obrigada por me motivar a fazer sempre o melhor.

Aos Professores do PPG da Unisinos, pessoas com um amplo conhecimento e principalmente, profissionais conscientes da sua função na sociedade.

Aos colegas do Laboratório de Interação Animal-Planta, Carine, Carlos e Juliana que quando tive intenção de desistir estiveram ao meu lado, me incentivando a prosseguir.

Ao Professor Marco Aurélio Pizo e a toda equipe do Laboratório de Ecologia Vegetal por ceder o espaço físico para a realização das triagens.

Ao amigo Clóvis que sempre me apoiou a seguir em frente, meu companheiro de campo. Obrigada por tudo!

À amiga Ana, pessoa fundamental no meu Mestrado. Você foi aquela pessoa que não mediu esforços para me ajudar. Muito obrigada por tudo Ana.

Aos colegas das triagens: Tassiana, Maitê, Fernanda, Friedrich, Mônica, Viviane, Roberta e Débora... que bom conhecer vocês! As triagens, apesar de muito material, foram divertidas.

À secretária do PPG de Biologia, Fernanda Fraga, que tanto me incentivou a conhecer o programa e, durante o mestrado sempre esteve solícita a tudo.

À toda equipe do IBAMA da Floresta Nacional de São Francisco de Paula por me receber bem em todos os campos.

Às amigas Luciane e Vanessa, que simplesmente ajudaram na confecção e na colocação dos coletores (embaixo de chuva) e, também, nas coletas. Lú e Vane, obrigada por tudo. O que seria de mim sem vocês?

Ao Rudimar e à Marilene que ao concordar em serem meus fiadores no financiamento permitiram que eu pudesse realizar este Mestrado.

À Isabel e ao Serginho, que faziam os deliciosos pães, cucas e roscas D'Napoleuni para levar aos campos.

Aos amigos de Vila Flores, Clevi, Tatiane, Daniel, Marilene e Daira, que foram a São Francisco de Paula realizar as coletas comigo. Vou sentir saudades das nossas viagens.

Aos demais amigos de Vila Flores que também ajudaram na triangens: Cristine, Patrícia, Lilian, Elivélton, Lírio, Elene, obrigada pela força.

À amiga Theomaris, primeira pessoa que conheci do PPG. Obrigada pelas dicas, por me apoiar e trocar idéias comigo durante o curso.

Índice

Apresentação.....	07
Resumo.....	08
Abstract.....	09
Capítulo 1 - O efeito da substituição da Floresta com Araucária por monoculturas florestais sobre a deposição de serrapilheira e a ciclagem de nutrientes	
1. Introdução.....	14
2. Material e métodos.....	13
2.1 Área de estudo.....	14
2.2 Delineamento amostral.....	15
2.3 Produção de serrapilheira.....	15
2.4 Concentração de nutrientes do dossel para a serrapilheira.....	16
2.5 Transferência de nutrientes na serrapilheira.....	17
2.6 Análise de dados.....	18
3. Resultados.....	23
3.1 Deposição anual e dinâmica temporal da serrapilheira.....	23
3.2 Composição da serrapilheira.....	26
3.3 Dinâmica temporal dos componentes da serrapilheira.....	30
3.4 Dinâmica temporal e concentração dos nutrientes na serrapilheira.....	32
3.5 Transferência dos nutrientes do dossel para a serrapilheira.....	33
4. Discussão.....	37
4.1 Variação geográfica da deposição de serrapilheira.....	37
4.2 Deposição de serrapilheira em monoculturas.....	38

4.3 Variação temporal da deposição de serrapilheira.....	39
4.4 Variação da composição da serrapilheira.....	40
4.5 Diferenças fenológicas.....	41
4.6 A qualidade nutricional da serrapilheira.....	43
4.7 A transferência de nutrientes do dossel para a serrapilheira.....	45
4.8 A sustentabilidade das Florestas e Unidades de Conservação.....	46
4.9 Considerações finais.....	48
5. Referências Bibliográficas.....	50

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado é composta de um capítulo escrito na forma de artigo científico. O artigo intitulado “O efeito da substituição da Floresta com Araucária por monoculturas florestais sobre a deposição de serrapilheira e a ciclagem de nutrientes” após tradução para a língua inglesa será submetido para a revista científica *Forest Ecology and Management*.

Resumo

A Floresta com Araucária apresenta uma grande importância ecológica e econômica para a região sul do Brasil. Durante o último século ela foi intensamente explorada causando a sua conversão para pastagens, agricultura ou monoculturas de espécies arbóreas nativas e exóticas. Essa alteração de paisagem tem efeitos diretos sobre as condições físicas dos habitats, a abundância das populações, a diversidade e composição das comunidades e os processos ecossistêmicos. Dentre as diversas rotas de transferência de nutrientes no ecossistema, a deposição de serrapilheira é uma das principais via, influenciando fortemente o sistema solo-planta. O objetivo deste trabalho foi testar como a substituição da Floresta com Araucária por monoculturas arbóreas afeta os processos de deposição da serrapilheira e suas consequências para a ciclagem de nutrientes. Na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (RS) foram selecionadas três áreas de um hectare de cada um dos seguintes habitats: Floresta com Araucária (FO), plantação de *Araucaria angustifolia* (PA), plantação de *Pinus* (PP) e plantação de *Eucalyptus* (PE). Em cada área foram instalados 12 coletores de serrapilheira. De fevereiro de 2007 a fevereiro de 2008, a serrapilheira de cada coletor foi coletada a cada quatro semanas. A cada duas coletas, a serrapilheira foi subdividida em folhas, galhos e diásporo de araucária, pinus, eucalipto e latifoliadas. A concentração de nutrientes da serrapilheira de cada uma das áreas de estudo foi determinada para o verão (março de 2007) e para o inverno (julho de 2007). A taxa anual de transferência de nutrientes do dossel para o solo de cada área foi calculada pelo produto do total de serrapilheira produzida anualmente pela concentração de nutrientes na serrapilheira. A deposição anual de serrapilheira apresentada pela Floresta com Araucária ($5.928,80 \pm 34,886$ [EP] kg/ha/ano) foi similar àquela apresentada pelas plantações de *Araucaria* ($5.634,10 \pm 326,116$), *Pinus* ($5.961,76 \pm 280,570$) e *Eucalyptus* ($6.268,83 \pm 1300,00$), no entanto a dinâmica de deposição variou significativamente entre habitats. Em todos os habitats, as folhas representaram 60 - 70% da composição total da serrapilheira. A contribuição das latifoliadas na serrapilheira foi duas vezes maior na plantação de *Araucaria* em comparação às plantações de *Pinus* e *Eucalyptus*. A concentração de nutrientes na serrapilheira variou significativamente entre habitats para todos os íons analisados, exceto para Cobre e Boro. O Nitrogênio, o Fósforo, o Magnésio, o Zinco e o Manganês apresentaram diferenças entre habitats na transferência de nutrientes do dossel para a serrapilheira. A Floresta com Araucária transferiu quase o dobro de nutrientes em relação a plantação de *Pinus*. A substituição da Floresta com Araucária por monoculturas exóticas alterou substancialmente importantes processos funcionais do ecossistema. Melhorias nas técnicas de manejo podem vir a mitigar os efeitos ocasionados pela substituição de habitat.

Palavras-chaves: Ecologia vegetal, biomassa, ciclagem de nutrientes, serrapilheira, Floresta com Araucária

Abstract

The Araucaria Forest has a great ecologic and economic value for the southern region of Brazil. Along the last century it was intensely explored causing its conversion to grassland, agriculture or monoculture of exotic tree species. This alteration of the landscape had direct effects on physical conditions of the habitats, abundance of populations, diversity and composition of communities, and on ecosystem processes. Among the several routes of nutrient transfer on ecosystems, litter production is one of the most important ones, strongly influencing the soil-plant system. The aim of this paper was to test how the replacement of Araucaria Forest by tree monocultures affects the litter deposition process and its consequences to the nutrient cycle. In the São Francisco de Paula National Forest (RS), three one-hectare areas of each one of the following habitats were selected: Araucaria Forest (FO), *Araucaria angustifolia* plantation (PA), *Pinus* plantation (PP) and *Eucalyptus* plantation (PE). In each area, 12 litter traps were installed. From February 2007 to February 2008, the litter of each trap was collected every four weeks for determination of its dry weight. Every other sampling event, the litter material was sub-divided in leaf, branch, and reproductive parts of Araucaria, Pinus, Eucalyptus and broad-leaved species. The concentration of nutrients in the litter for each area was determined in summer (March 2007) and in winter (July 2007). The annual rate of nutrient transfer from the canopy to the soil was calculated for each area by the product of the litter productivity times the concentration of nutrients in the litter. The productivity of litter of Araucaria Forest ($5,928.80 \pm 34.886$ [EP] kg/ha/year) was similar to that exhibited by plantations of *Araucaria* ($5,634.10 \pm 326.116$), *Pinus* ($5,961.76 \pm 280.570$) and *Eucalyptus* ($6,268.83 \pm 1,300.00$), however the temporal dynamic of the litter deposition varied significantly between habitats. In all habitats, leaves represented 60 - 70% of the litter composition. The contribution of native broad-leaved species in the litterfall was twice as high in plantations of Araucaria than in plantations of *Pinus* and *Eucalyptus*. The concentration of nutrients in the litter varied significantly among habitats to all analyzed ions, except Copper and Boron. Nitrogen, Phosphorus, Magnesium, Zinc and Manganese showed among habitats differences in the annual rate of nutrient transfer from canopy to soil. Araucaria Forest transferred almost twice the amount of nutrients when compared to the plantations of *Pinus*. The replacement of Araucaria Forest by tree monocultures altered substantially important functional processes in the ecosystem. Further improvement in the management techniques may mitigate the impact of habitat replacement.

Key words: Plant ecology, biomass, nutrient cycle, soil litter, Araucaria Forest

O EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA FLORESTA COM ARAUCÁRIA POR MONOCULTURAS FLORESTAIS SOBRE A DEPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA E A CICLAGEM DE NUTRIENTES

1. INTRODUÇÃO

A Floresta com Araucária faz parte da Mata Atlântica, um dos mais importantes *hotspots* de diversidade biológica do mundo (Myers et al. 2000). Neste último século, ela foi intensa e extensamente explorada, restando cerca de 5% da sua área original (Mähler & Larocca, 2008). A Floresta com Araucária é um tipo florestal de grande importância ecológico-econômica, por sua característica única de abrigar a conífera mais expressiva da vegetação brasileira – *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. A Floresta com Araucária ocorre intercaladamente com áreas savânicas e estépicas, originando um sistema em mosaico que caracteriza grande parte da paisagem da região sul do país (Aubreville, 1949; Hueck. 1972). As principais ameaças para esse ecossistema têm sido a conversão para pastagens, agricultura convencional ou monoculturas de espécies arbóreas exóticas para produção de madeira, particularmente plantações de *Pinus* e *Eucalyptus* (IBGE 1986). O grau de impacto dessas atividades sobre a biodiversidade é bastante variável. Dependendo da maneira como monoculturas arbóreas são manejadas, elas podem impedir a colonização e a sobrevivência de muitas espécies ou podem fornecer condições favoráveis para a manutenção da diversidade biológica (Fonseca et al., 2008).

A substituição de florestas nativas por monoculturas florestais de espécies de interesse econômico tem mudado a estrutura das paisagens em muitas partes do mundo. Esta alteração de habitat tem efeitos diretos sobre as condições físicas dos habitats, a abundância das populações, a diversidade e composição das comunidades (Meffe & Carroll, 1994; Fonseca et al. 2008), no entanto, a nossa compreensão sobre como as substituições de habitat afetam os processos ecossistêmicos ainda precisam ser melhor avaliados.

Um ecossistema é basicamente um sistema processador de energia e regenerador de nutrientes. A deposição de serrapilheira é considerada como uma das principais rotas na ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, pois representa a principal via de retorno de nutrientes e matéria orgânica à superfície do solo (Pagano 1989), sendo este fato reconhecido desde o século passado (Haag, 1987; Pritchet, 1979). Uma série de fatores bióticos e abióticos influenciam na deposição de serrapilheira. Dentre eles destacam-se o tipo de vegetação, o estágio sucessional, a temperatura, a precipitação, a herbivoria, e a disponibilidade hídrica e nutricional do solo (Cuevas & Medina, 1986), sendo que o padrão de produção de folheto é influenciado primariamente pelo estresse hídrico, indicado pela ocorrência de picos de queda na estação seca (Delitti, 1989). Além disto, o conjunto serrapilheira - solo constitui o habitat de uma fauna extremamente diversa e complexa de organismos responsáveis pelo processo de decomposição que garantem a disponibilização dos nutrientes às plantas (Golley et al., 1978). Assim sendo, a serrapilheira é uma porção bastante dinâmica do ecossistema, apresentando grande variação espaço-temporal (Santos & Camargo, 1999) e torna-se um dos mais intensos sítios de interação entre a ciclagem de elementos químicos

inorgânicos e a transferência de energia, condicionando a capacidade de produção do ecossistema (Dellitti, 1984). Os ecossistemas florestais possuem um eficiente sistema de ciclagem de nutrientes, com altas taxas de ciclagem interna no sistema solo-planta (Delitti, 1995)

A vegetação que ocorre naturalmente em um local é adaptada aos suprimentos nutricionais existentes no solo, apresentando uma eficiência específica de uso para cada nutriente (CUNHA et al., 1993). A serrapilheira, por ser uma importante via de transferência de carbono, nitrogênio, fósforo e potássio, é utilizada para se comparar a eficiência de utilização de nutrientes entre diferentes florestas (Vitousek 1982).

Florestas naturais quando não perturbadas apresentam saídas mínimas de nutrientes do ecossistema devido aos serviços ecossistêmicos eficientes providos pela complexa biota local. Dessa forma, o solo mantém sempre o mesmo nível de fertilidade, podendo inclusive melhorar suas características ao longo do tempo. A floresta não perturbada frequentemente apresenta uma grande estabilidade ecossistêmica, ou seja, os nutrientes introduzidos no sistema pela chuva e pelo intemperismo geológico estão em equilíbrio com os nutrientes perdidos para os rios e o lençol freático (Poggiani & Schumacher, 2000). Em algumas situações naturais, há um acúmulo de nutrientes na serrapilheira superficial e na matéria orgânica do solo levando a um enriquecimento dos horizontes superficiais do solo (CUNHA et al, 1993).

Monoculturas arbóreas, do ponto de vista ecológico, estão permanentemente em estágios iniciais de sucessão (ZAIA, F. C. & GAMA- RODRIGUES, 2004). Os períodos curtos de rotação utilizados pelas técnicas florestais comerciais mantêm as

plantas permanentemente na sua fase jovem. Com este processo, as monoculturas arbóreas mantêm uma elevada produção de biomassa, acumulando uma grande quantidade de carbono e de nutrientes nos troncos das árvores. Uma boa parte destes nutrientes é exportado do sistema com a retirada da madeira para fins comerciais, podendo comprometer o equilíbrio nutricional do ecossistema. Além disto, monoculturas arbóreas manejadas comercialmente possuem um sub-bosque pouco formado, o que facilita o processo de lixiviação (ZAIA, F. C. & GAMA-RODRIGUES, 2004). Sabe-se, ainda, que as monoculturas arbóreas alteram substancialmente a biodiversidade local, podendo comprometer a decomposição, a ciclagem dos nutrientes e o fluxo energético (Poggiani, 1985).

O objetivo geral deste trabalho é verificar como a substituição da Floresta com Araucária por monoculturas arbóreas de *Araucaria*, *Pinus* e *Eucalyptus* afeta os processos de deposição da serrapilheira e suas conseqüências para a ciclagem de nutrientes. Em particular, este trabalho testa se há diferença entre habitats na: (a) deposição anual de serrapilheira, (b) dinâmica temporal da deposição de serrapilheira, (c) composição vegetal da serrapilheira, (d) dinâmica temporal dos diferentes componentes da serrapilheira, (e) concentração de nutrientes na serrapilheira, (f) dinâmica temporal da concentração de nutrientes na serrapilheira e, finalmente, na (g) transferência de nutrientes do dossel para a serrapilheira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, localizada na região dos Campos de Cima da Serra, no extremo nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (29°23' e 29°27'S e 50°23' e 50°25'O), distante 139 km de Porto Alegre (Fig. 1). A altitude máxima é de 923m e a precipitação média anual é estimada em 2, 252 mm. Chove regularmente todos os meses do ano e as chuvas mais intensas ocorrem durante os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. O clima é do tipo Cfb (classificação de Köppen), isto é, mesotérmico, superúmido, com verão brando e inverno frio. É freqüente a formação de geada e, mais eventualmente, queda de neve. Toda a região está sujeita a freqüentes e intensos nevoeiros e os ventos predominantes são E/SE/NE (Nimer 1990; Fernandes & Backes 1998; Backes 1999). A área de estudo ocupa 1.606 hectares e está constituída por um mosaico de formações que compreende remanescentes de Floresta com Araucária, florestas de transição, áreas plantadas de *Araucaria angustifolia*, de *Pinus taeda* e de *Eucalyptus* spp. A Floresta Nacional de São Francisco de Paula constitui uma unidade de conservação sob a responsabilidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, (IBAMA), do Ministério do Meio Ambiente.

2.2 Delineamento amostral

Para este estudo foram selecionadas três áreas de um hectare de cada um dos seguintes habitats: Floresta com Araucária (FO), plantação de *Araucaria angustifolia* (PA), plantação de *Pinus* (PP) e plantação de *Eucalyptus* (PE) (Fig. 2). As áreas utilizadas neste trabalho apresentam peculiaridades quanto ao seu histórico. As áreas da Floresta com Araucária denominadas “FO1 e FO2” foram utilizadas para extração de madeira e pastoreio até aproximadamente 1950, quando foram incorporadas à FLONA. Já todas as áreas de plantações foram utilizadas basicamente para a agricultura antes de pertencerem à FLONA.

O regime de manejo das plantações é bastante diferenciado do manejo comercial convencional, principalmente devido à idade avançada das plantações que permite a formação de um sub-bosque complexo e diverso (Fig. 2). As plantações de *Araucaria* possuem de 49 a 61 anos, as plantações de *Pinus* possuem de 36 a 43 anos, enquanto que as plantações de *Eucalyptus* possuem de 14 a 36 anos, chamando atenção para a plantação de *Eucalyptus* 2 (PE2) que é a plantação mais recente, plantada em 1994, e que por consequência não apresenta um sub-bosque formado, sendo o estrato inferior composto basicamente por gramíneas.

2.3 Produção de serrapilheira

Em cada uma das 12 áreas foram instalados 12 coletores de serrapilheira (1m² cada). Os coletores foram distribuídos em uma grade de 50 x 60m, centralizada

na área de estudo de forma a minimizar possíveis efeitos de borda (Fig. 3). Os coletores foram confeccionados com tela de polietileno de malha de 1mm, permanecendo suspensos horizontalmente a 1m do solo com ajuda de quatro estacas de bambus e corda de nylon (Fig. 4).

No período de fevereiro de 2007 a fevereiro de 2008, a serrapilheira acumulada a cada quatro semanas em cada um dos 144 coletores foi coletada individualmente e embalada em sacos plásticos etiquetados com o número do coletor.

Em laboratório, a serrapilheira de cada coletor foi acondicionada em estufa a 65° C, por 48 horas, para obtenção do peso seco (precisão: 0,001g). A cada dois meses o material de cada coletor foi separado nas seguintes frações: (a) folha de araucária, pinus, eucalipto e latifoliadas, (b) galho de araucária, pinus, eucalipto e latifoliadas, (c) diásporos de araucária, pinus, eucalipto e latifoliadas e (d) miscelânea. Após a separação foi obtido o peso seco de cada fração, transformadas em kg/ ha e logaritimizadas.

2.4 Concentração de nutrientes na serrapilheira

A concentração de nutrientes da serrapilheira produzida em cada uma das áreas de estudo foi determinada para o início (março de 2007) e meio do período estudado (julho de 2007). Para cada área, uma amostra composta foi obtida com material proveniente dos seis coletores centrais (Fig. 2).

A análise da concentração na serrapilheira de (1) nitrogênio, (2) fósforo, (3) potássio, (4) cálcio, (5) magnésio, (6) enxofre, (7) cobre, (8) zinco, (9) ferro, (10) manganês e (11) boro foi realizada pelo Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O índice de concentração do nitrogênio na serrapilheira foi obtido pelo método Kjeldahl, com limite de detecção de 0,01% (UFRGS). Para obtenção da concentração de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, utilizou-se o método da digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES, com limite de detecção de 0,01% (UFRGS). A obtenção da concentração de cobre e zinco também foi através do método de digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES, porém para o cobre com limite de detecção de 0,3mg/kg e para o zinco, 1mg/kg. Para verificar a concentração de ferro e manganês, utilizou-se o método de digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES, com limite de detecção de 2mg/kg. A concentração de boro foi calculada através do método da digestão seca com limite de detecção de 1 mg/kg (UFRGS).

2.5 Transferência de nutrientes do dossel para a serrapilheira

A taxa de transferência de nutrientes por área foi calculada pelo produto total da serrapilheira produzida pela concentração de nutrientes na serrapilheira, em kg/ha/ano, já que não houve variação sazonal entre estações na transferência de nutrientes do dossel para a serrapilheira.

2.6 Análise dos dados

Para testar como o total anual de serrapilheira depositada, a deposição de folhas, ramos, diásporos e miscelânea e a transferência de nutrientes dossel-solo variaram entre habitats utilizou-se Análise de Variância de um fator (ANOVA). Para os testes que apresentaram diferenças significativas, realizou-se teste a posteriori de Tukey. Para testar se a dinâmica temporal da deposição da serrapilheira variou entre habitats utilizou-se uma ANOVA com medidas repetidas. Uma ANOVA com medidas repetidas foi também utilizada para testar se a concentração de nutrientes do dossel para a serrapilheira variou entre estações e entre habitats.

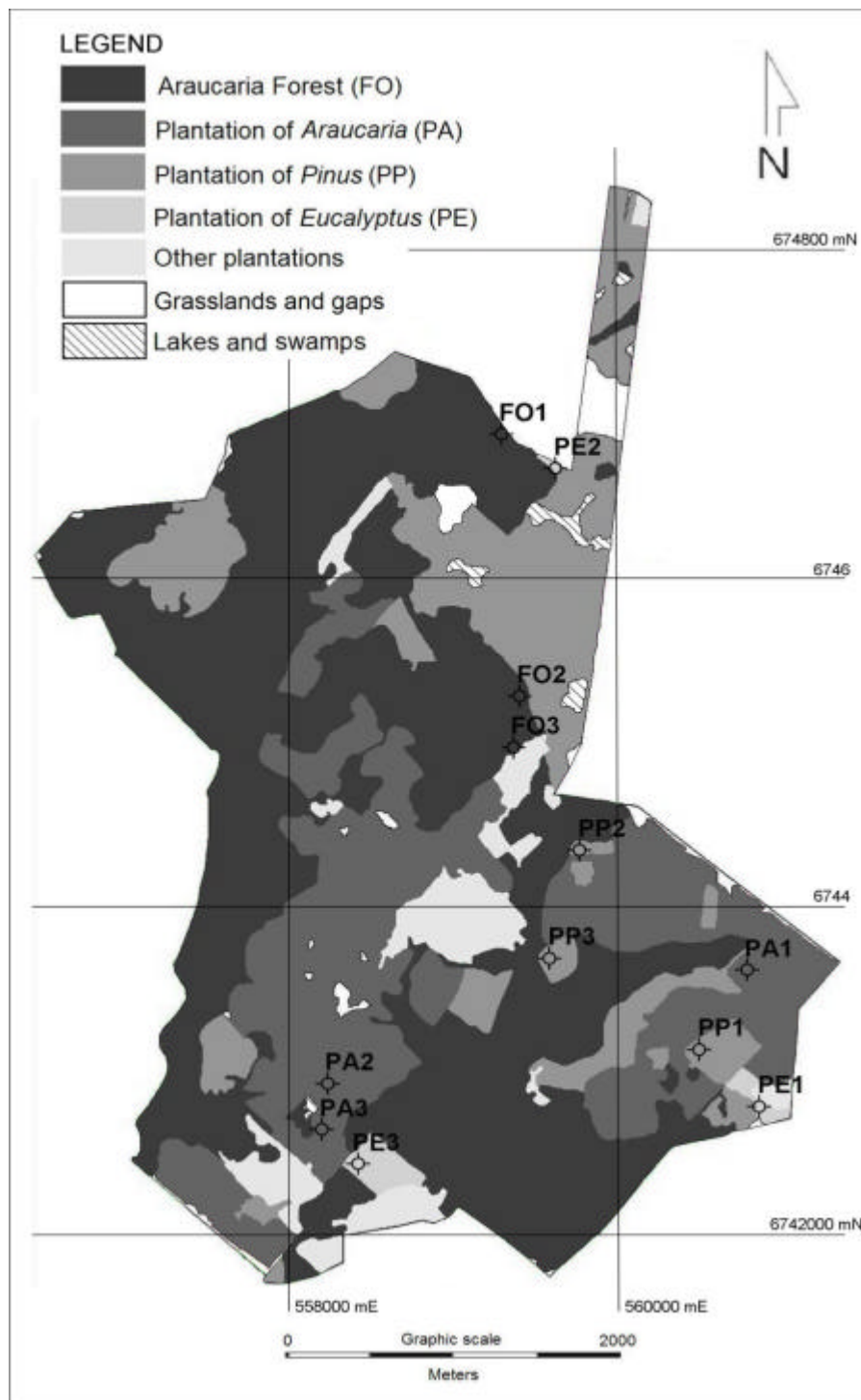


Figura 1: Mapa de localização da Floresta Nacional de São Francisco de Paula (RS), indicando as réplicas de cada habitat, sendo FO1, FO2 e FO3: Floresta com Araucária, PA1, PA2 e PA3: plantação de *Araucaria*, PP1, PP2 e PP3: plantação de *Pinus* e PE1, PE2 e PE3: plantação de *Eucalyptus*.

A



B



C



D



Figura 2: Floresta Nacional de São Francisco de Paula: A: Floresta com Araucária, B: plantação de *Araucaria*, C: plantação de *Pinus* e D: plantação de *Eucalyptus*.

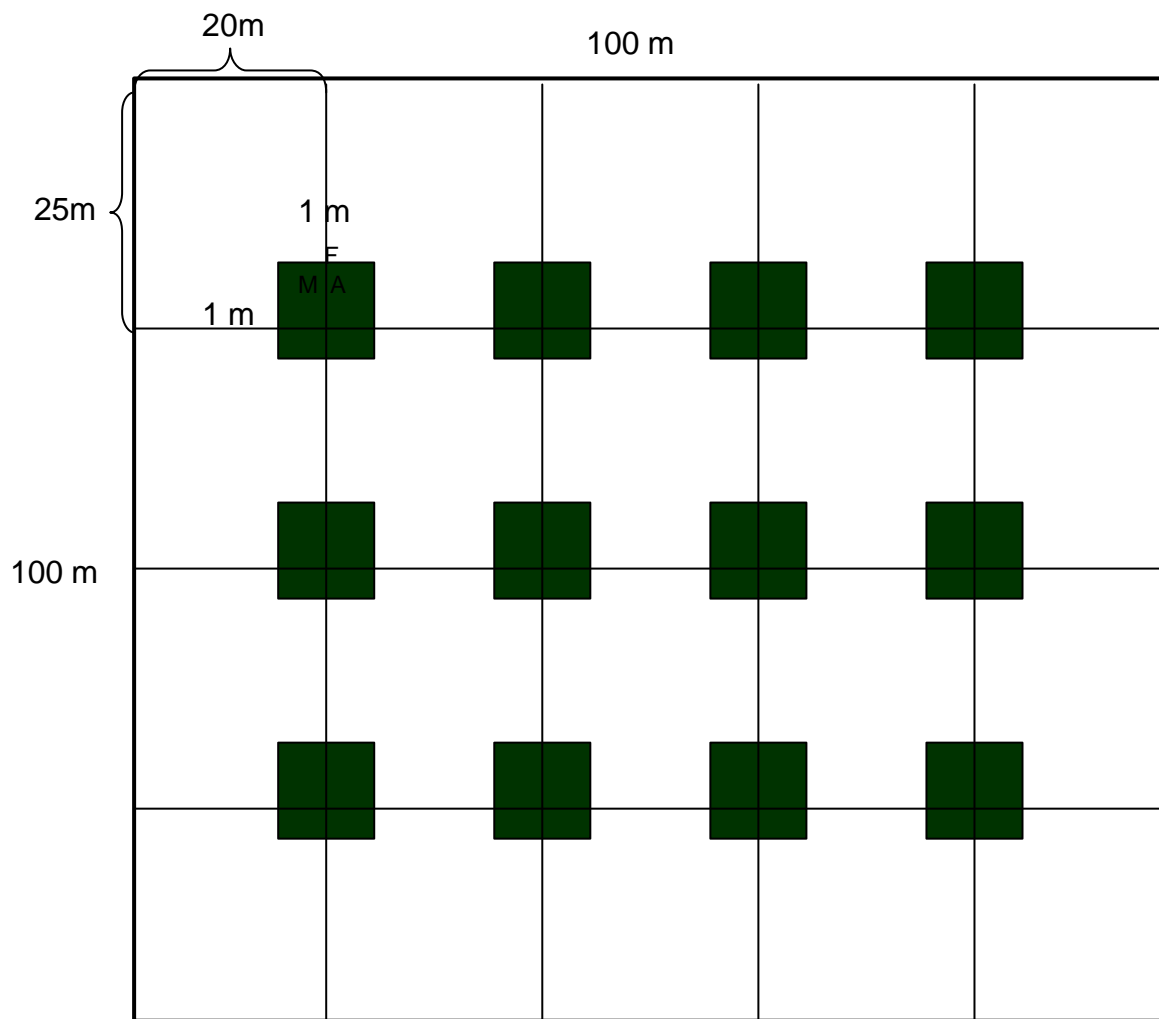


Figura 3: Distribuição espacial dos 12 coletores em cada área das 12 áreas de estudo (1 ha), distantes a 20 m na horizontal e 25 m na vertical.



Figura 4: Coletores de 1m² feitos com bambu, tela de polietileno e corda de nylon, suspensos a 1m do chão.

3. RESULTADOS

3.1 Deposição anual e dinâmica temporal da serrapilheira

A deposição anual de serrapilheira apresentada pela Floresta com Araucária ($5.928,80 \pm 34,886$ [EP] kg/ha/ano) foi similar àquela apresentada pelas plantações de *Araucaria* ($5.634,10 \pm 326,116$ [EP] kg/ha/ano), *Pinus* ($5.961,76 \pm 280,570$ [EP] kg/ha/ano) e *Eucalyptus* ($6.268,83 \pm 1300,00$ [EP] Kg/ha/ano) (ANOVA; Habitat; $F=0,143$, $gl = 3,8$, $P > 0,05$, Fig. 5). Foi observada uma diferença significativa de deposição de serrapilheira entre as plantações de eucalipto, ocasionada pela grande diferença de idade entre os talhões.

A deposição de serrapilheira variou significativamente ao longo do ano (ANOVA com Medidas Repetidas; Tempo; $F = 9,185$, $gl = 13,104$, $P < 0,001$, Fig. 6), sendo que a dinâmica temporal de deposição de serrapilheira variou entre habitats (Interação Tempo*Habitat; $F = 2,843$, $gl = 39,104$, $P < 0.001$, Fig. 6). A Floresta com Araucária apresentou maior deposição de serrapilheira nos meses de dezembro de 2007 e janeiro de 2008 (verão) e menor deposição nos meses de julho, agosto e setembro de 2007 (inverno). As plantações de *Araucaria* e *Pinus* apresentaram picos de deposição nos meses de fevereiro (verão), junho (inverno) e outubro de 2007 (primavera). A plantação de *Pinus* teve pouca deposição de serrapilheira nos meses de janeiro e fevereiro de 2008. A plantação de *Eucalyptus* apresentou maior deposição de serrapilheira nos meses de abril, maio e junho de 2007.

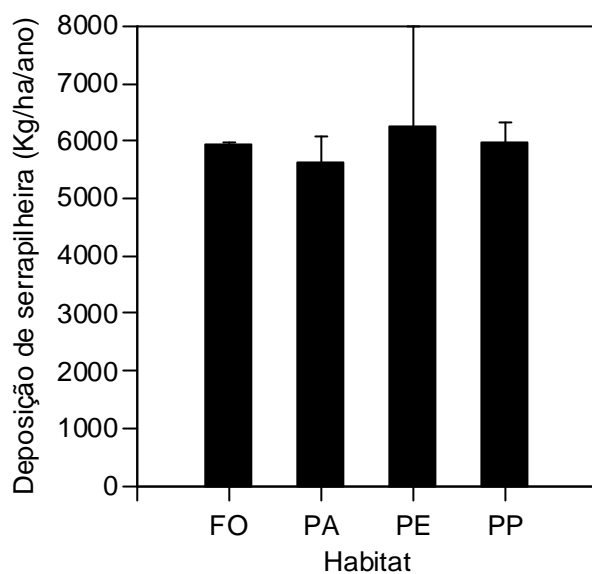
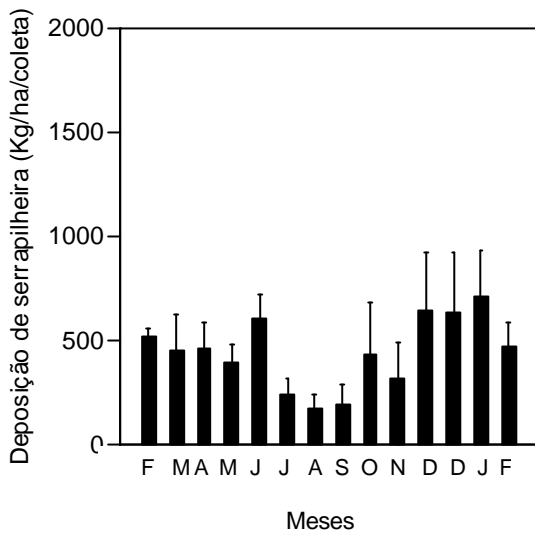
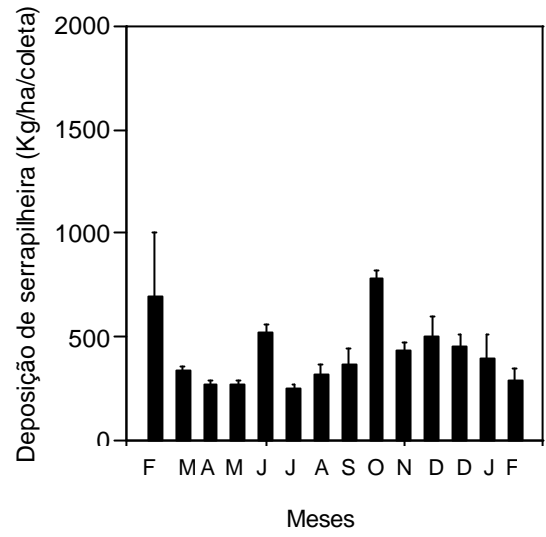


Figura 5. Deposição acumulada de serrapilheira (kg/ha/ano), entre fevereiro de 2007 e fevereiro de 2008, na Floresta com *Araucaria angustifolia* (FO) e nas plantações de *Araucaria angustifolia* (PA), *Eucalyptus* (PE) e *Pinus* (PP). As linhas verticais representam ± 1 Erro Padrão. N = 3 manchas por habitat.

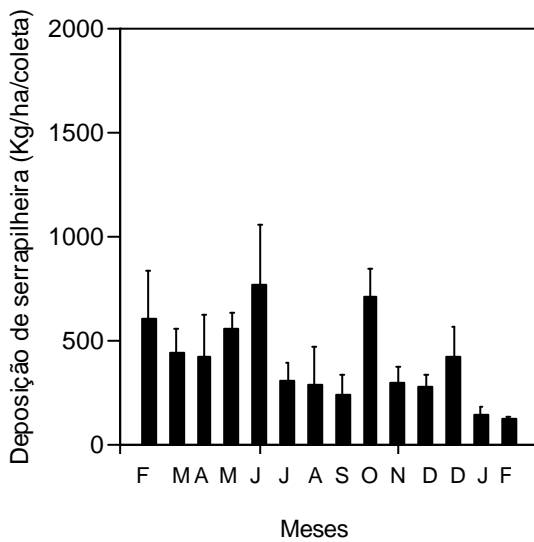
A) Floresta com Araucária



B) Plantação de *Araucaria*



C) Plantação de *Pinus*



D) Plantação de *Eucalyptus*

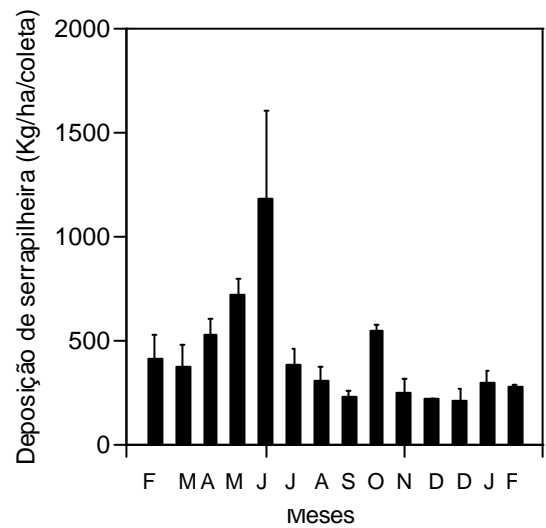


Figura 6. Deposição temporal de serrapilheira (kg/ha/ano) em Floresta com Araucária (A) e plantações de *Araucaria* (B), *Pinus* (C) e *Eucalyptus* (D). As linhas verticais representam ± 1 Erro Padrão. N = 3 manchas por habitat.

3.2 Composição da serrapilheira

A deposição de serrapilheira em Floresta com Araucária foi composta por uma grande variedade de espécies latifoliadas, sendo que do total, 9% é representada pela araucária. A serrapilheira da plantação de *Araucaria* foi composta por 70,98% da espécie de araucária e 29,02% de latifoliadas, praticamente o dobro de espécies de latifoliadas depositadas nas demais monoculturas. A plantação de *Eucalyptus* conta na composição da sua serrapilheira com 85% da espécie de eucaliptos, 11,85% de latifoliadas e menos de 3% entre espécies de pinus e araucária. Na plantação de *Pinus* mais de 82% da serrapilheira é composta pela própria espécie, ou seja, pinus, 16,12% de folhas de espécies latifoliadas e apenas 1,51% de folhas da espécie araucaria (Fig. 7).

Em Floresta com Araucária, as folhas constituíam 61,50% da serrapilheira depositada, seguida da fração ramo (28,14%) e da fração miscelânea (6%), sendo 4,36% relativo aos diásporos. A deposição de serrapilheira em plantação de *Araucaria* foi representada por 63,37% de folhas, 29,37% ramo, 4,01% de material reprodutivo e 3,25% da fração miscelânea. Plantações de *Pinus* depositam mais folhas (71,24%), seguido do material reprodutivo (14,26%), fração ramo (9,48%) e por último, miscelânea (5,02%). Nas plantações de *Eucalyptus* a fração folha (61,17%) também é a mais significativa, seguida de ramos (19,85%), material reprodutivo (10,94%) e miscelânea (8,04%).

A Floresta com Araucária e as plantações de *Araucaria*, *Pinus* e *Eucalyptus* produziram a mesma quantidade de folhas, constatando uma homogeneidade na deposição (ANOVA; Habitat; $F = 0,116$, $gl = 3,8$, $P > 0,05$, Fig. 8a).

A deposição da fração ramo também foi similar na Floresta com Araucária e nas Plantações de Araucária e Eucalipto, apenas apresentando menor quantidade de deposição na plantação de *Pinus* (ANOVA; Habitat; $F= 2,522$, $gl = 3,8$, $P > 0,05$, Fig. 8b).

Os índices de deposição do material reprodutivo variaram entre habitats. As plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* apresentaram maiores quantidades de deposição de material reprodutivo, seguido da Floresta com Araucária e, por último da Plantação de *Araucaria* (ANOVA; Habitat; $F= 5,533$, $gl = 3,8$, $P < 0,05$, Fig. 8c).

A fração miscelânea apresentou diferenças na sua deposição entre habitats. A Floresta com Araucária e a plantação de *Eucalyptus* apresentaram maiores quantidades de miscelânea depositada, seguida das plantações de *Pinus* e *Araucaria* (ANOVA; Habitat; $F= 3,923$, $gl = 3,8$, $P < 0,05$, Fig. 8d).

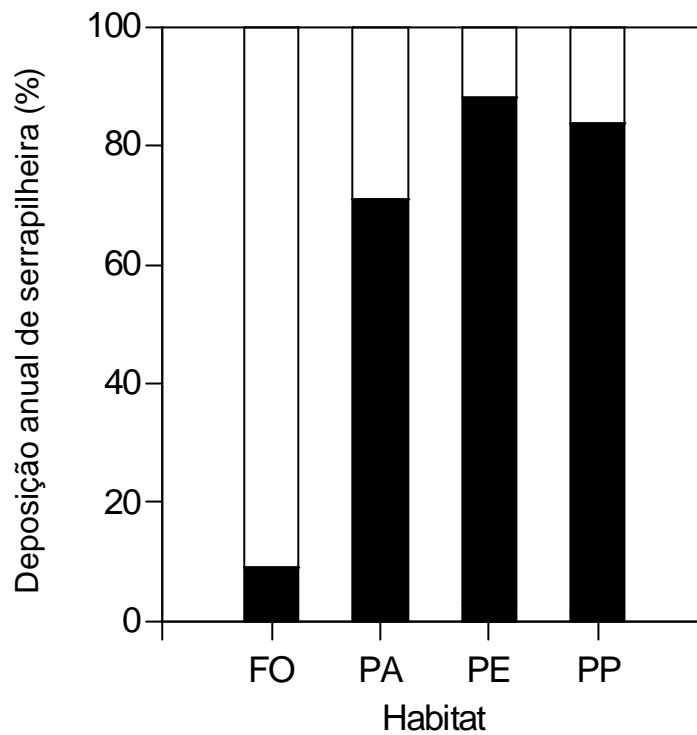


Figura 7. Composição da serrapilheira depositada em cada habitat, sendo: FO (Floresta com Araucária), PA (Plantação de *Araucaria*) PE (Plantação de *Eucalyptus*) e PP (Plantação de *Pinus*). Araucária (pintado), pinus (quadrado), eucalipto (inclinado) e latifoliadas (branco).

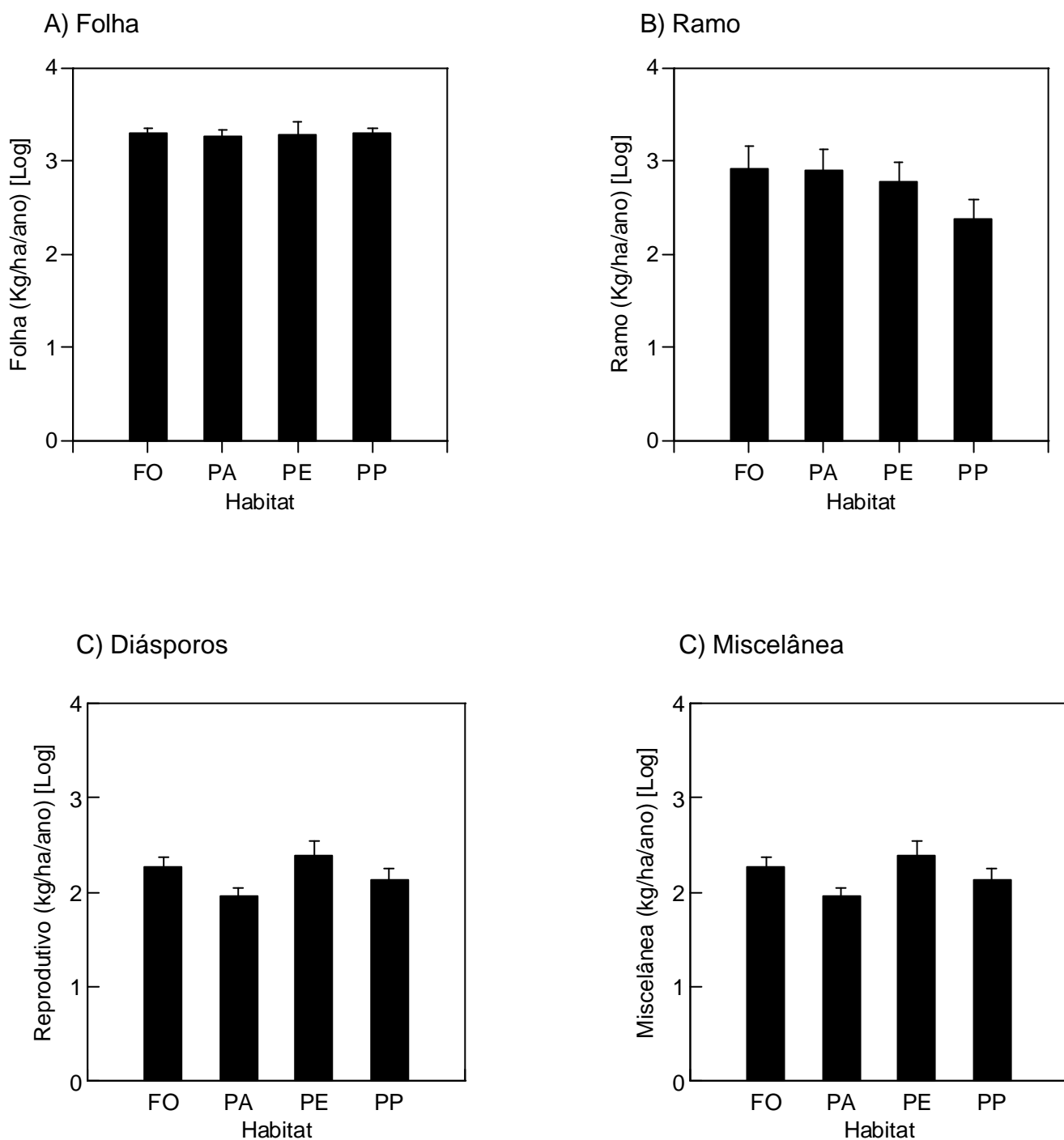


Figura 8. Deposição anual de serrapilheira (kg/ha/ano), em frações: A) Folha, B) Ramo, C) Diásporos e D) Miscelânea, entre fevereiro de 2007 e fevereiro de 2008, na Floresta com Araucaria (FO) e nas plantações de *Araucaria* (PA), *Eucalyptus* (PE) e *Pinus* (PP). As linhas verticais representam ± 1 Erro Padrão. N = 3 manchas por habitat.

3.3 Dinâmica temporal dos diferentes componentes da serrapilheira

A dinâmica de deposição de folhas variou entre os habitats (ANOVA; $F=8,043$, $gl = 3,8$, $P < 0,0001$, Fig. 9a). A Floresta com Araucária apresentou uma deposição de folhas maior do que as monoculturas florestais. A plantação de *Araucaria* apresentou maior deposição de folhas nos meses de março a maio de 2007. A plantação de *Pinus* apresentou altas taxas de deposição de folhas em dezembro de 2007. A plantação de *Eucalyptus* apresentou maior índice de deposição de folhas em maio de 2007.

A deposição de ramos foi semelhante entre habitats, porém variou no tempo (ANOVA; $F= 5,417$, $gl = 3,8$, $P < 0,0001$, Fig. 9b). A Floresta com Araucária sofreu um pico na deposição de ramo nos meses de março a maio de 2007 e uma queda no mês de julho de 2007. A plantação de *Araucaria* apresentou picos de deposição de ramo nos meses de maio e dezembro de 2007. A plantação de *Pinus* apresentou queda no mês de dezembro de 2007. A plantação de *Eucalyptus* foi a que menos depositou ramos.

A deposição do material reprodutivo não variou entre habitats e nem ao longo do tempo (ANOVA; $F= 1,740$, $gl = 3,8$, $P > 0,05$, Fig. 9c). No entanto, na Floresta com Araucária a deposição do material reprodutivo foi ligeiramente inferior à deposição das plantações de *Pinus* e *Eucalyptus*. As plantações de *Araucaria* e *Pinus* apresentaram uma queda no índice do material reprodutivo em setembro de 2007. A plantação de *Eucalyptus* apresentou elevada produção de ramo em julho de 2007.

A Floresta com Araucária apresentou uma dinâmica de deposição da fração miscelânea mais diversificada, com queda no mês de maio de 2007 e pico no mês de setembro de 2007. As plantações de *Araucaria* e *Eucalyptus* apresentaram uma deposição na fração miscelânea mais constante. A plantação de *Pinus*, a partir de dezembro de 2007 elevou seus índices de deposição de miscelânea. A dinâmica de deposição da miscelânea variou no tempo e entre habitats (ANOVA; $F= 3,986$, $gl = 3,8$, $P < 0,0001$, Fig. 9d).

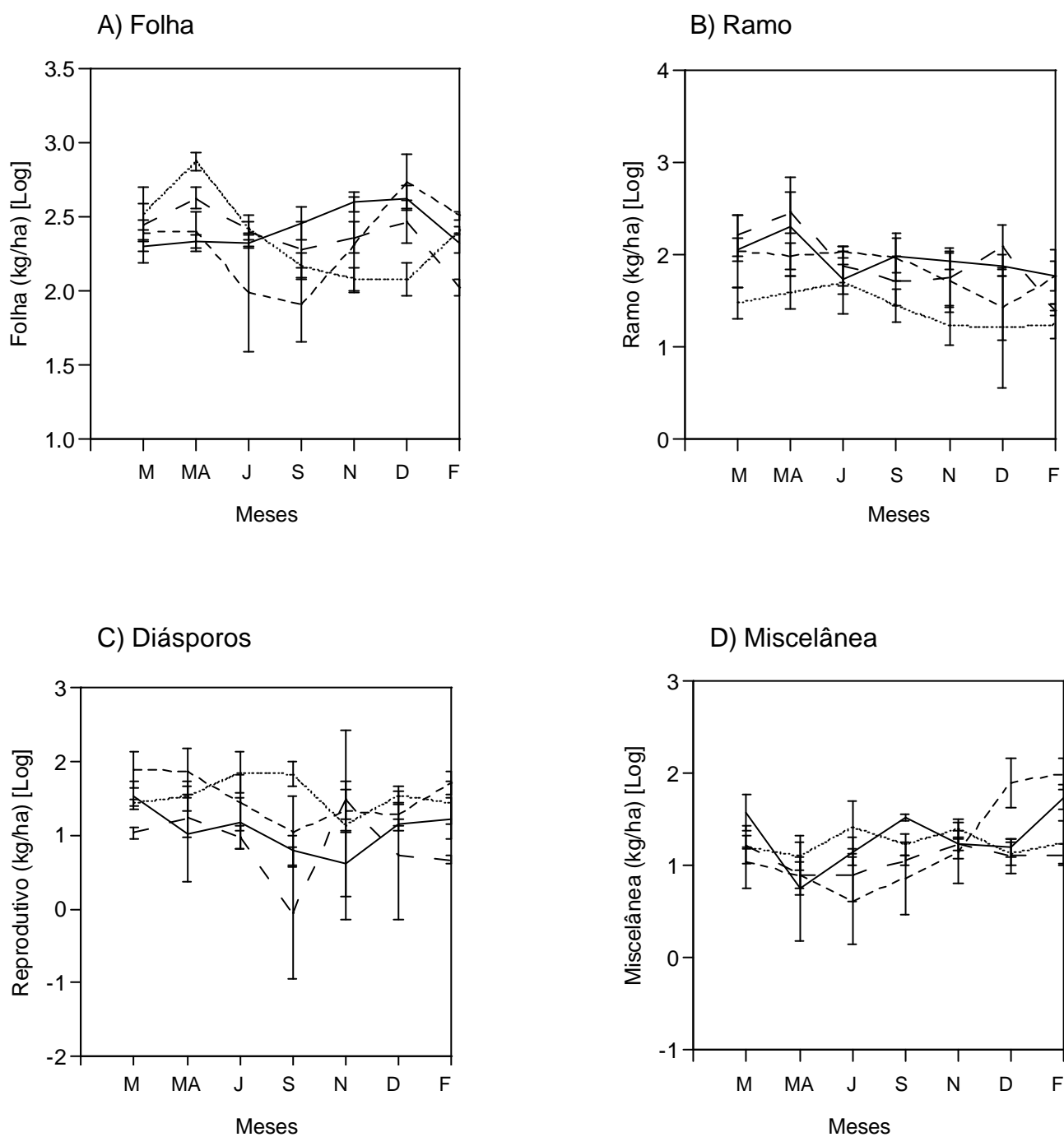


Fig. 9: Variação das frações de serrapilheira: folha (A), ramo (B), diásporos (C) e miscelânea (D) na Floresta com Araucária (traço contínuo), plantações de *Araucaria* (pontilhado largo), *Pinus* (pontilhado intermediário) e *Eucalyptus* (pontilhado fino), nos meses de M: março, MA: maio, J: junho, S: setembro, N: novembro, D: dezembro e F: fevereiro.

3.4 Dinâmica temporal e concentração de nutrientes na serrapilheira

A concentração de nutrientes da serrapilheira no início e meio do estudo foi semelhante para todos os nutrientes avaliados (Tabela 1). Além disto, todas as interações entre habitat e estação também não foram significativas, indicando que as diferenças entre habitats na qualidade da serrapilheira não variaram temporalmente.

A concentração de nutrientes na serrapilheira variou significativamente entre habitats para todos elementos analisados, exceto para cobre e boro (Tabela 1). A serrapilheira da Floresta com Araucária é mais rica em nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, enxofre, cobre e boro do que as monoculturas (tanto no verão quanto no inverno), enquanto que a concentração de ferro e manganês é maior na Floresta com Araucária no verão. Na plantação de *Araucaria* há maior concentração de cálcio e zinco em comparação com os outros habitats e também há maior quantidade total de nutrientes concentrados em comparação às demais monoculturas. A plantação de *Eucalyptus* concentra mais magnésio no inverno em comparação à Floresta com Araucária e as demais monoculturas florestais. A plantação de *Pinus*, por sua vez, apresenta maior concentração de ferro no inverno em comparação aos demais habitats.

3.5 Transferência dos nutrientes do dossel para a serrapilheira

O nitrogênio, o fósforo, o magnésio, o zinco e o manganês apresentaram diferenças entre habitats na transferência de nutrientes do dossel para a

serrapilheira, enquanto que a transferência de potássio, cálcio, enxofre, cobre, ferro, manganês e boro não variou significativamente entre habitats (Tabela 2).

A Floresta com Araucária transfere o dobro de nitrogênio ($107,80 \pm 8,68$) em comparação à Plantação de *Pinus* ($51,91 \pm 12,05$). O fósforo também apresenta maiores índices de deposição no habitat nativo ($5,23 \pm 0,12$) em relação à plantação de *Pinus* ($2,63 \pm 0,64$) e *Eucalyptus* ($2,18 \pm 0,46$). O manganês também apresenta o dobro de transferência na Floresta com Araucária ($16,91 \pm 1,58$) em relação às plantações de *Pinus* ($7,82 \pm 1,12$) e *Eucalyptus* ($9,66 \pm 2,04$). O zinco também é mais transferido na Floresta com Araucária ($0,27 \pm 0,02$) em comparação com a plantação de *Eucalyptus* ($0,17 \pm 0,06$).

A plantação de *Eucalyptus* transfere o triplo de manganês ($9,44 \pm 2,00$) em comparação com a plantação de *Pinus* ($2,73 \pm 0,52$). Nenhum dos nutrientes considerados teve maiores índices de transferência de nutrientes na Plantação de *Pinus*.

A Floresta com Araucária foi o habitat com maior índice total de transferência de nutrientes do dossel para a serrapilheira, contudo as diferenças observadas entre habitats não foram significativas (ANOVA, $F = 1,593$, $gl = 3,8$, $P > 0,05$). Observou-se, no entanto, que o cálcio apresentou grandes índices de deposição na Plantação de *Araucaria* e *Eucalyptus* em comparação com a Floresta com Araucária, um padrão contrário àquele apresentado por diversos outros íons. Ao se retirar a contribuição deste íon, observa-se diferença significativa no total de transferência de nutrientes do dossel para a serrapilheira entre a Floresta com Araucária e a plantação de *Pinus* (ANOVA, $F = 4,753$, $gl = 3,8$, $P < 0,05$).

Tabela 1: Concentração de nutrientes da serrapilheira coletada nos meses de março (verão) e julho (inverno), nos habitats: Floresta com Araucária (FO), plantação de *Araucaria* (PA), plantação de *Pinus* (PP) e plantação de *Eucalyptus* (PE). As letras iguais indicam habitats iguais e as letras diferentes, habitats diferentes. As diferenças estatísticas são apresentadas da seguinte forma: *<0,05, **<0,001, ***<0,0001.

Nutriente	Estação	Habitat				Habitat	Estação	Habitat*Estação
		FO	PA	PP	PE			
N	Verão	1,933 ± 0,120 ^a	1,133 ± 0,067 ^b	0,627 ± 0,149 ^b	0,830 ± 0,093 ^b	F=11,058***	F=0,216	F=1,094
	(%)	Inverno	1,700 ± 0,173	1,167 ± 0,145	1,087 ± 0,377			
P	Verão	0,083 ± 0,007 ^a	0,067 ± 0,009 ^{ab}	0,027 ± 0,007 ^{bc}	0,047 ± 0,003 ^c	F=17,687***	F=1,021	F=4,076
	(%)	Inverno	0,093 ± 0,003 ^{ac}	0,070 ± 0,006 ^{ac}	0,060 ± 0,017 ^{bd}			
K	Verão	0,513 ± 0,085 ^a	0,343 ± 0,043	0,133 ± 0,039	0,347 ± 0,068 ^b	F=7,337**	F=0,780	F=2,482
	(%)	Inverno	0,357 ± 0,013	0,393 ± 0,067	0,230 ± 0,035			
Ca	Verão	0,900 ± 0,103	1,500 ± 0,173 ^a	0,540 ± 0,080	1,333 ± 0,186 ^b	F=5,006*	F=0,749	F=0,360
	(%)	Inverno	1,087 ± 0,162	1,433 ± 0,120	0,900 ± 0,186			
Mg	Verão	0,287 ± 0,028 ^a	0,237 ± 0,009 ^{ab}	0,110 ± 0,017 ^{bc}	0,170 ± 0,026 ^c	F=20,689***	F=0,000	F=0,866
	(%)	Inverno	0,283 ± 0,022 ^a	0,230 ± 0,021 ^{ab}	0,150 ± 0,026 ^b			
S	Verão	0,207 ± 0,009 ^a	0,130 ± 0,000 ^b	0,080 ± 0,015 ^b	0,100 ± 0,015 ^b	F=10,823***	F=1,266	F=1,156
	(%)	Inverno	0,207 ± 0,020	0,140 ± 0,012	0,143 ± 0,043			
Cu	Verão	11,333 ± 1,202	5,667 ± 1,667	3,333 ± 0,882	7,000 ± 1,155	F=1,689	F=1,436	F=1,246
	(mg.kg ⁻¹)	Inverno	10,000 ± 0,577	7,000 ± 1,528	10,000 ± 5,132			
Zn	Verão	48,000 ± 4,933 ^a	70,000 ± 5,033 ^b	39,667 ± 2,333 ^c	25,333 ± 1,764 ^{ac}	F=15,215***	F=0,132	F=2,011
	(mg.kg ⁻¹)	Inverno	43,000 ± 2,887	56,000 ± 2,517	52,000 ± 9,815			
Fe	Verão	245,333 ± 54,174 ^a	204,667 ± 10,138 ^{ac}	137,667 ± 20,578 ^{bc,d}	67,667 ± 4,910 ^{ad}	F=3,642*	F=0,972	F=1,475
	(mg.kg ⁻¹)	Inverno	245,000 ± 8,083	154,667 ± 18,774	294,333 ± 129,873			
Mn	Verão	1.200,000 ± 100.000	1,134 ± 144,762	402,000 ± 45,347 ^a	1.833 ± 433,333 ^b	F=11,041***	F=2,393	F=0,870
	(mg.kg ⁻¹)	Inverno	1.042,667 ± 132,953	854,333 ± 114,266	504,000 ± 106,491 ^a			
B	Verão	28,000 ± 2,887	12,667 ± 1,333	15,000 ± 6,557	18,667 ± 0,667	F=4,568	F=3,661	F=0,471
	(mg.kg ⁻¹)	Inverno	35,000 ± 5,000	21,000 ± 5,292	24,000 ± 6,000			

Tabela 2: Total de nutrientes, em kg/ha/ano, transferidos do dossel para a serrapilheira nos habitats: Floresta com Araucária (FO), plantação de *Araucaria* (PA), plantação de *Pinus* (PP) e plantação de *Eucalyptus* (PE). As letras iguais indicam habitats iguais e as letras diferentes, habitats diferentes. As diferenças estatísticas são apresentadas da seguinte forma: *<0,05, **<0,001, ***<0,0001.

Nutrientes	Habitats (kg/ha/ano)				Habitat
	FO	PA	PP	PE	
N	107,80 ± 8,68 ^a	64,50 ± 1,84	51,91 ± 12,05 ^b	55,53 ± 18,37	F= 4,736*
P	5,23 ± 0,12 ^a	3,82 ± 0,23	2,63 ± 0,64 ^b	2,18 ± 0,46 ^c	F= 10,718**
K	25,81 ± 2,27	20,41 ± 1,73	10,92 ± 1,45	18,65 ± 6,06	F= 3,223
Ca	58,97 ± 8,15	82,85 ± 10,36	43,48 ± 7,81	92,88 ± 33,03	F= 1,521
Mg	16,91 ± 1,58 ^a	13,10 ± 0,83	7,82 ± 1,12 ^b	9,66 ± 2,04 ^c	F= 7,443**
S	12,26 ± 0,87	7,56 ± 0,11	6,76 ± 1,50	6,46 ± 2,03	F= 4,092
Cu	0,06 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01	F= 1,128
Zn	0,27 ± 0,02 ^a	0,35 ± 0,02	0,27 ± 0,03	0,17 ± 0,06 ^b	F= 3,833*
Fe	1,45 ± 0,17	1,00 ± 0,08	1,30 ± 0,44	0,55 ± 0,15	F= 2,410
Mn	6,64 ± 0,64	5,58 ± 0,66	2,73 ± 0,52 ^a	9,44 ± 2,00 ^b	F= 5,940*
B	0,18 ± 0,02	0,09 ± 0,00	0,11 ± 0,03	0,12 ± 0,03	F= 2,055
Total	235,61 ± 20,29	199,34 ± 9,85	128,02 ± 25,13	195,72 ± 62,56	F = 1,593

4. DISCUSSÃO

4.1 Variação geográfica da deposição de serrapilheira

Os biomas apresentam diferentes taxas de deposição anual de serrapilheira em função das condições climáticas e edáficas regionais (Bray & Gorham, 1964). De modo geral, a quantidade total de matéria orgânica depositada ao longo de um ano é menor nas regiões frias e secas e maior nas equatoriais quentes e úmidas. As florestas situadas em regiões árticas ou alpinas produzem cerca de 1.000 kg/ha/ano de serrapilheira; as florestas temperadas frias, 3.500 kg/ha/ano; as florestas temperadas quentes, 5.500 kg/ha/ano; e as florestas equatoriais cerca de 11.000 kg/ha/ano (Bray & Gorham, 1964).

Variações dentro de um mesmo bioma, associadas aos fatores edáficos e microclimáticos, causam diferenças espaciais na deposição de serrapilheira. No bioma Mata Atlântica, por exemplo, a deposição de serrapilheira varia bastante. Em uma floresta secundária no Rio de Janeiro, sudeste do Brasil, a deposição total de serrapilheira foi de 7.630 kg/ha/ano (Fernandes et al., 2006). O estoque médio de serrapilheira acumulada numa Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina, variou de 4.470 kg/ha/ano a 5.280 kg/ha/ano (Caldeira et al., 2007).

Em Floresta com Araucária, que ocorre no sul da distribuição da Mata Atlântica, também se percebe uma variação substancial na deposição anual de serrapilheira. A produção média total da serrapilheira numa Floresta Ombrófila Mista no Paraná foi de 6.331,97 kg/ha/ano (Filho et al., 2002). A produtividade de remanescentes de Floresta com Araucária em São Mateus do Sul (PR), foi de

6.572,70 kg/ha/ano (Britez et al., 1992) enquanto que em São João do Triunfo (PR) foi de 7.736,82 kg/ha/ano (Filho et al., 2005). Na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, a produção anual de serrapilheira foi estimada em 5.152,94 kg/ha/ano (Backes et al., 2005). Note que este valor é semelhante ao encontrado no presente trabalho (5.928,80 kg/ha/ano), confirmando que a deposição, mesmo ocorrendo no mesmo sítio, varia temporalmente, sendo dependente de alguns fatores, entre eles, temperatura e precipitação pluviométrica.

4.2 Deposição de serrapilheira em monoculturas

As florestas nativas e as monoculturas arbóreas ciclam quantidades semelhantes de serrapilheira. Enquanto a Floresta com Araucária depositou anualmente 5.928,80 kg/ha/ano, as plantações de *Araucaria*, *Pinus* e *Eucalyptus* ciclaram 5.634,10 kg/ha/ano, 5.961,76 kg/ha/ano e 6.268,83 kg/ha/ano, respectivamente, representando uma homogeneidade na deposição de serrapilheira.

A deposição anual de serrapilheira varia de acordo com as espécies que a compõe, condições ambientais e com as idades das plantações. A plantação de *Araucaria* de 49 anos é a mais jovem em estudo e ciclou 6.212,13 kg/ha/ano, já a mais antiga tem 61 anos e ciclou 5.606,75 kg/ha/ano de serrapilheira. O índice encontrado num povoamento de *Araucaria* com 17 anos de idade, em Pinhal Grande/ RS foi de 6.960 kg/ha/ano (Schumacher et al., 2004). Uma plantação de *Pinus* de 5 anos de idade no município de Cambará do Sul/ RS

ciclou 17.400 kg/ha/ano (Schumacher et al., 2003). A plantação de *Pinus* mais jovem deste trabalho tem 36 anos e ciclou 6.342,41 kg/ha/ano, depositando mais serrapilheira que a plantação mais velha, com 43 anos, que ciclou 6.128,48 kg/ha/ano. Tanto nas plantações de *Araucaria* quanto nas plantações de *Pinus* a deposição de serrapilheira é maior nas plantações mais jovens. O contrário ocorre nas plantações de *Eucalyptus* onde, devido ao baixo nível de fertilidade dos solos e às fortes restrições hídricas (Zaia & Gama- Rodrigues, 2004) há uma deposição maior de serrapilheira em plantações mais velhas. A plantação de *Eucalyptus* mais jovem em estudo tem 14 anos e ciclou 3.701,50 kg/ha/ano, enquanto que a plantação mais antiga, que tem 36 anos, ciclou praticamente o dobro de serrapilheira, 7.188,30 kg/ha/ano. Em plantios de *Eucalyptus* em Campos dos Goytacazes (RJ), de 6 anos de idade, o total de serrapilheira depositada foi de 4.770 kg/ha/ano (Zaia e Gama- Rodrigues, 2004), confirmando que plantações mais jovens de eucalipto ciclaram menos serrapilheira.

4.3 Variação temporal da deposição de serrapilheira

A deposição total de serrapilheira entre florestas nativas e monoculturas florestais foi semelhante, porém, diferenciam quanto ao padrão temporal de deposição da serrapilheira entre habitats. A variação da abundância dos invertebrados do solo entre as estações está relacionada às mudanças estacionais das condições climáticas e nas alterações na quantidade e qualidade do folhiço produzido (Joner, 2005). Portanto, no período da primavera e verão, além de maior deposição de serrapilheira, também há uma grande

variedade de invertebrados do solo, decompondo a matéria orgânica e ciclando nutrientes.

4.4 Variação da composição da serrapilheira

A Floresta com Araucária, por ser composta de uma grande diversidade de espécies, cicla, na sua totalidade, folhas de latifoliadas e, também, acículas de *Araucaria angustifolia*. A plantação de *Araucaria*, por abrigar a espécie da Floresta nativa, favorece, também, o estabelecimento de outras espécies. Por esse fato, a plantação de *Araucaria* deposita o dobro de latifoliadas em comparação com as plantações de *Pinus* e *Eucalyptus*.

A composição da serrapilheira da Floresta com Araucária apresentou 61,50% de folhas, 28,14% de ramos, 6% de miscelânea e 4,36% de material reprodutivo. Outras áreas, no entanto, apresentam variações consideráveis na composição da serrapilheira. Formações de Florestas Secundária em Silva Jardim/ RJ apresentaram a composição da serrapilheira nas seguintes porcentagens: 72% folhas, 18,3% ramos, 4,8% material reprodutivo e 4,5% miscelânea (Barbosa & Faria, 2006). Em estudo realizado em região da Mata Atlântica – Itaguaí (RJ), a composição relativa da serrapilheira produzida foi constituída principalmente por folhas (56,74%), 11,52% de ramos, 24,24% de material reprodutivo e 7,54% de miscelânea (Valente et al., 2005).

Seguindo o padrão de frações que compõe a serrapilheira em florestas nativas: folha, ramo, reprodutivo e miscelânea, as plantações florestais também seguem esta dinâmica, porém com alguma variação. Em um estudo

desenvolvido em Pinhal Grande (RS), em uma plantação de *Araucaria*, 73,7% era formada por folhas e 26% galhos (Schumacher et al., 2004). Neste estudo, na plantação de *Araucaria* a produção total de serrapilheira foi composta por 63% folhas, 30% galhos e 7% material reprodutivo e miscelânea. Outro trabalho que confirma o percentual elevado de folhas na formação da serrapilheira é o de Planaltina (DF), em plantações de *Pinus*, onde as folhas representaram mais de 90% do total retornado ao solo, seguido por galhos com cerca de 7% e frutos 3% (Melo & Resck, 2002). No trabalho em questão, na plantação de *Pinus* a fração folha também foi a mais significativa, representando 71%, porém o material reprodutivo apresentou maior deposição (14%) do que os galhos (10%) e por último a miscelânea (5%). Em plantações de *Eucalyptus* em Campos dos Goytacazes (RJ), a folha foi o componente que mais contribuiu para a produção de serrapilheira, seguida pelo galho, casca e outros (Zaia e Gama-Rodrigues, 2004), o que está de acordo com os resultados encontrados neste trabalho em que, na Plantação de eucalipto as folhas representaram 65% da composição da serrapilheira, ramos 22% e material reprodutivo e miscelânea 13%.

4.5 Diferenças fenológicas

A dinâmica fenológica da Floresta com Araucária diferiu da dinâmica apresentada pelas monoculturas arbóreas. A Floresta com Araucária apresenta uma dinâmica mais estável, em função da elevada diversidade de espécies, permitindo que a Floresta produza serrapilheira durante todo o ano (Vital et al., 2004). Já a dinâmica das monoculturas florestais é dependente de uma única

espécie, ocasionado variações na fenologia.

A maior quantidade de serrapilheira depositada na Floresta com Araucária e na plantação de *Araucaria* durante a primavera e o verão estão associados a maiores índices de precipitação pluviométricas e da temperatura e pelo fato de haver intensa renovação foliar no período. Esta constatação é concordante com o trabalho de Backes et al., (2000) em que a maior queda de acículas de araucária ocorre durante os meses da primavera e verão. Em outro trabalho realizado em uma Floresta com Araucária em Pinhal Grande (RS), também foi observado um aumento na produção de serrapilheira no verão (Schumacher et al., 2004).

As plantações de *Pinus* e *Eucalyptus*, além de depositar mais serrapilheira no verão (época quente e úmida), também o fazem no outono, ocasionado pela grande queda de folhas provocada como alternativa ao estresse hídrico (Dias & Oliveira Filho, 1997).

No mês de junho de 2007, ocorreu um pico de deposição em todos os habitats, causado por uma condição meteorológica da própria estação, o inverno, ocorrida na forma de um ciclone extratropical, o que ocasionou a queda de uma grande quantidade de folhas e material lenhoso.

Em todos os habitats, o período de menor deposição de serrapilheira foi o inverno, onde há uma diminuição das atividades fisiológicas da planta.

A dinâmica de deposição da serrapilheira varia de acordo com as características de cada estação. O período de crescimento (emissão foliar) ocorreu na estação úmida, com os meses mais quentes e de maior fotoperíodo. Num trabalho realizado em uma Floresta Atlântica, em Ilha Grande (RJ), o período de deposição de folhas também foi o evento fenológico de maior

duração (Almeida & Alves, 2000) onde a. Os ramos apresentaram uma dinâmica mais diversificada nos habitats em comparação às folhas, com sua elevada deposição no outono. O período de frutificação é variado entre os habitats, tendo seus maiores índices na primavera, período em que as plantas crescem.

4.6 A qualidade nutricional da serrapilheira

Entre os mecanismos de ciclagem de nutrientes da biomassa de espécies arbóreas para o solo estão a produção da serrapilheira e a lavagem da vegetação pela chuva (Neto et al., 2001). O compartimento formado pela serrapilheira e pelo solo é o sítio de todas as etapas de decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes. A diversidade vegetal é a principal responsável pela variabilidade da serrapilheira, ou seja, quanto mais diversa for a comunidade vegetal, mas heterogênea será a serrapilheira.

A Floresta com Araucária, por ser composta por uma grande diversidade de plantas, apresenta uma maior qualidade nutricional da serrapilheira quando comparada às monoculturas florestais. As espécies da Floresta com Araucária, por apresentar requerimentos nutricionais distintos, acabam por disponibilizar diferentes quantidades de cada nutriente à serrapilheira. Por exemplo, a Floresta com Araucária possui a presença de diversas espécies de leguminosas, como *Mimosa scabrella* e *Erytrina falcata*, que são fixadoras de nitrogênio. Também conta com espécies associadas à micorrizas, que acabam por apresentar maiores concentrações de fósforo (Kerbaudy, 2004). Portanto, a composição da Floresta com Araucária também favorece para que a mesma seja o habitat com

maiores índices de concentração de nutrientes.

As monoculturas, por sua vez, acabam por estar dependentes da dominância de poucas espécies que a compõe. Portanto como a serrapilheira das plantações não apresenta a mesma diversidade de espécies das Florestas nativas a qualidade nutricional da serrapilheira das monoculturas é inferior em comparação a um habitat natural.

A Floresta com Araucária é um sistema fechado e as interações que ali acontecem estão intimamente ligadas aos fatores bióticos e abióticos deste habitat. Desta forma, os nutrientes concentrados na serrapilheira, ao serem transferidos para a comunidade que ali estão estabelecidas, completam seu ciclo biogeoquímico.

As monoculturas arbóreas são sistemas abertos e habitats de crescimento rápido, onde a intervenção do homem se faz necessária, como por exemplo, para a introdução de nutrientes no solo, uma vez que as plantações arbóreas empobrecem o solo ao retirar do mesmo o máximo de nutrientes necessários para o seu crescimento. Os desbastes realizados nas monoculturas também ocasionam a perda de nutrientes, pois cada planta possui uma biomassa total e nela quantidades de elementos químicos que ao serem retirados pela ação do desbaste não retornam ao solo através da serrapilheira.

4.7 A transferência de nutrientes do dossel para a serrapilheira

A Floresta com Araucária transferiu mais nutrientes do que as monoculturas florestais estudadas. As florestas apresentam elevada capacidade de conservação de nutrientes, pois concentram e transferem em seu interior, ao longo do tempo, estoques consideráveis, tanto na biomassa ou incorporados em profundidades variáveis do solo (Backes, 2005). Analisando-se teores de macronutrientes da serrapilheira acumulada na Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro (PR), observou-se que o fósforo e o potássio apresentaram valores altos, enquanto que o nitrogênio, cálcio, magnésio e enxofre valores menores (Caldeira et al., 2007). Por outro lado, a Floresta com Araucária estudada neste trabalho apresentou elevado índice de nitrogênio em relação aos demais macronutrientes, indicando que as espécies são grandes fixadoras de nitrogênio e que a floresta está em desenvolvimento.

As plantações de *Araucaria* e *Pinus*, assim como a Floresta com Araucária, também ciclaram mais nitrogênio, cálcio e potássio em relação aos demais macronutrientes, constatando que as plantas dos referidos habitats estão fixando nutrientes para investir no seu crescimento. Em uma floresta de Araucária em Pinhal Grande (RS), o cálcio também foi um dos macronutrientes de maior transferência (Schumacher et al., 2004). Uma plantação de *Pinus* em Planaltina (DF) ciclou em maior quantidade os mesmos macronutrientes da plantação de *Pinus* em estudo, ou seja, mais nitrogênio e cálcio (Melo & Resck, 2002),

Tanto a Floresta com Araucária quanto as monoculturas florestais em estudo transferem nutrientes na mesma ordem, ou seja, N> Ca> K> Mg> S> P>

Mn> Fe> Zn> B> Cu, exceto a Plantação de *Eucalyptus* que transfere mais cálcio do que nitrogênio. Em povoamentos de *Eucalyptus* em Bofete (SP), a transferência anual de nutrientes ao solo também apresentou o cálcio como sendo o principal nutriente de transferência (Poggiani & Kolm &, 2003).

Os elevados índices de transferência de cálcio nas monoculturas, em especial nas plantações de *Araucaria* e *Pinus*, refere-se ao fato de que estas áreas que hoje abrigam as referidas plantações no passado eram áreas de lavoura, onde ocorreu a introdução de calcário. Por este fato, hoje encontramos elevadas taxas de transferência de alguns íons, entre eles, o cálcio.

O baixo índice de transferência de nutrientes nas monoculturas florestais em comparação à Floresta com Araucária pode estar relacionado ao fato de que as referidas plantações, por serem habitats de crescimento rápido, retiram do solo todos os nutrientes que nele estão disponíveis. Desta forma, os nutrientes não retornam ao solo através da serrapilheira e sim ficam armazenados no interior da planta para que a mesma invista-os no seu próprio crescimento.

4.8 Sustentabilidade das Florestas e Unidades de Conservação

A invasão de espécies exóticas tem sido considerada a segunda maior causa da perda de biodiversidade no planeta (Sax et al. 2005). Além disso, espécies exóticas podem alterar os processos ecológicos dos ecossistemas originais, como ciclagem de nutrientes, produtividade vegetal, cadeias tróficas, polinização, dispersão de sementes, sucessão ecológica, além de interferir na densidade de espécies nativas, na fisionomia e nas taxas de decomposição

(Ziller, 2000).

A similaridade de deposição de serrapilheira entre habitats (natural e plantado) pode ser considerado pelo fato de que a área de estudo, Floresta Nacional de São Francisco de Paula, é regida por um Plano no qual a intensidade de manejo nas plantações é baixa e há um maior espaçamento entre as árvores das monoculturas do que o cultivo comercial, isso favorece a formação e a manutenção do sub-bosque. Desde o ano de 2002 as plantações em estudo não são manejadas, favorecendo a formação de um sub-bosque, o que torna este habitat mais produtivo em comparação a uma monocultura comercial. Sugere-se, portanto, a aplicação desta forma de manejo nas plantações de espécies de Pinus e Eucalipto em áreas de plantio do Estado do Rio Grande do Sul.

Uma ação que gera menos impacto na substituição de habitats é a utilização de monoculturas nativas em substituição ao plantio de espécies exóticas. No Rio Grande do Sul existe grande número de espécies que apresentam bom desenvolvimento por serem ecologicamente adaptadas ao ecossistema existente. Essas plantas estão sendo cada vez mais estudadas e recomendadas para o plantio, resultando em promissoras florestas. Podem ser recomendadas para um reflorestamento as seguintes espécies: *Araucaria angustifolia* (pinheiro), *Cabralea canjerana* (canjerana), *Cedrela fissilis* (cedro), *Apuleia leiocarpa* (grapia), *Cordia trichotoma* (louro), *Tabebuia alba* (ipê-amarelo), *Balfourodendron riedelianum* (guatambu), *Colubrina glandulosa* (sobraji), *Enterolobium contortisiliquum* (timbaúva), entre outras (Lorenzi, 2002).

A substituição das monoculturas por monoculturas mistas conta com uma maior diversidade de espécies na sua composição, o que leva a uma maior

produtividade ecológica do habitat (Burkhart & Tham, 1992; Kelty, 2006). Se a formação da policultura contar com espécies nativas e não as exóticas, este habitat será um sistema mais próximo à Floresta nativa, favorecendo, desta forma, o restabelecimento das espécies nativas e, com elas, a mútua relação entre os fatores bióticos e abióticos que compõem este habitat.

Outra ação a ser considerada é a exploração de árvores nativas, em forma de rodízios, em sistemas naturais. Além de evitar as monoculturas de espécies exóticas, a utilização de rodízio permite o uso sustentável da Floresta natural. É fundamental considerar que este tipo de manejo deve ser na forma de desbaste, sempre mantendo a preservação de algumas espécies no local do corte, permitindo, assim, o restabelecimento da área explorada. Esta técnica talvez seja a mais eficiente para o corte de árvores, pois constatou-se que a Floresta com Araucária concentra e transfere mais nutrientes do dossel para a serrapilheira em comparação às monoculturas. Como consequência, temos um habitat que mesmo sofrendo com a retirada de nutrientes concentrados na biomassa verde da planta, terá mais nutrientes armazenados no solo do que uma monocultura. Isso facilita o restabelecimento do habitat e a permanência de quaisquer formas de vida que se encontram estabelecidas no local.

4.9 Considerações finais

A Floresta com Araucária e as monoculturas arbóreas apresentaram semelhanças quanto à deposição total e a composição da serrapilheira. Porém, existem diferenças quanto à dinâmica temporal de deposição de serrapilheira, a

composição da serrapilheira e a qualidade nutricional da serrapilheira, levando a diferenças importantes nas taxas de transferência de nutrientes do dossel para a serrapilheira. Esses resultados demonstram que apesar das práticas de manejo diferenciadas adotadas pela Floresta Nacional de São Francisco de Paula, a substituição da Floresta com Araucária por monoculturas exóticas causa alterações nos processos funcionais do ecossistema. Novas técnicas de manejo devem ser implementadas de forma a mitigar os efeitos deletérios ocasionados pela substituição de habitat.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E.M. & ALVES, M.A.S. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica do sudeste do Brasil. *Revista Acta Botanica Brasílica*, n. 14, p. 335-346. 2000.

AUBREVILLE, A. *Climats, Forêts et Désertification de l'Afrique Tropicale*. Paris, Société d'Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales. 1949.

BACKES, A., FERNANDES, A. V., ZENI D. J. *Produção de folheda em uma Floresta com Araucaria angustifolia no sul do Brasil*. *Revista de Pesquisa – Botânica*. Vol. 50, p. 97-117. 2000.

BACKES, A., PRATES, F. L., VIOLA, M. G. *Produção de serrapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil*. *Acta bot. Bras.* Vol. 19, n. 1, p.155-160. 2004.

BARBOSA, J. H. C. & FARIA, S. M. DE. *Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na Reserva Biológica de Poços das Antas, Rio de Janeiro, Brasil*. *Rodriguésia*. Vol.57, n.3, p. 461-476. 2006.

BRAY, J. R., GORHM. E. *Litter production in the forests of the world*. *Advances in ecological research*. New York. Vol. 2, p. 101-157. 1964.

BRITEZ, R. M., REISSMANN, C. B. SILVA, S. M., SANTOS FILHO, A. *Deposição estacional de serrapilheira e macronutrientes em uma Floresta de Araucária, São Mateus do Sul, Paraná. 2.º Congresso Nacional sobre essências nativas. Anais: 766-772.*

BURKHART, H. E. & THAM, A. *Predictions from growth and yield models of the performance of mixed-species stands.* In: CANNEL, M. G. R., MALCOLM, D. C., ROBERTSON, P. A. (Eds.) *The Ecology of Mixed-species Stands of Trees.* Blackwell Scientific Publications, Oxford, p 21- 34. 1992.

CALDEIRA, M., V. W., MARQUES, R., SOARES, R. V., BALBINOT, R. *Quantificação da serrapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. Rev. Acad. Vol. 5, n. 2, p. 101-116. 2007.*

CUEVAS, E. & MEDINA, E. *Nutrient dynamics within Amazonian forest ecosystems. In nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization.* Decologia. Vol. 68, p. 446-472, 1986.

CUNHA, G. C. DA., GRENDENE, L. A., DURLO, M. A., BRESSAN, D.A. *Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serrapilheira.* Ci. Flor., Santa Maria, v.3, n.1, p. 35-64, 1993.

DIAS, H. C. T. & OLIVEIRA FILHO, A. T. *Variação temporal e espacial da produção de serrapilheira em uma área de Floresta Estacional Semidecídua Montana em Lavras- MG.* Rev. Árvore, n. 21, p. 11-26. 1997.

FERNANDES, M. M., PEREIRA, M. G., MAGALHÃES, L. M. S., CRUZ, A. R., GIÁCOMO, R. G. *Aporte e decomposição de serrapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (Mimosa caesalpiaefolia Benth) e andiroba (Carapa guianensis Aubl.) na FLONA Mário Xavier, RJ.* Ciência Florestal. Vol. 16, n. 2, p. 163-175, 2006.

FILHO, A. F., SANQUETTA, C. R. PIZATTO, W., NETTO, S. P., EISFELD, R. DE L. *Estrutura vertical de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Paraná.* Rev. Floresta. Vol 2, n. 32, p. 2002.

FILHO, A. F., SERPE, E. L., BECKER, M., SANTOS, D. F. DOS. *Produção estacional de serrapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati (PR).* Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. Vol. 1, n. 2. 2005.

FONSECA, C. R., GANADE, G.; BALDISSERA R., BECKER, C. G., BOELTER, C. R, BRESOVIT, A.D., CAMPOS L. M., FLECK, T., FONSECA, V. S., HARTZ, S., JONER, F., KÄFFER M. I., LEAL-ZANCHET, A. M., MARCELI, M. P., MONDIN, C.A., PAZ, C. P., PETRY, M. V., Jair Putzke, VERGARA, M., MESQUITA, A. S., VIEIRA E. M. *Princípios modernos de manejo florestal e a conservação da biodiversidade associada à Floresta com Araucária.* In: FONSECA, C. R., SOUZA, A. F., LEAL -ZANCHET, A. M., DUTRA, T., BACKES, A., GANADE, G. *Floresta com Araucária: Ecologia, Conservação e Desenvolvimento Sustentável.* Cap. 27. Holus: Ribeirão Preto/ SP. 2008.

GOLLEY, F. B., MCGINNIS, J. T., CLEMENTS, R. G., CHILD, G. L., DUEVER, M. J. *Ciclagem de minerais em ecossistemas de floresta tropical úmida*. São Paulo: EPU/EDUSP, 1978, 256p.

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

HUECK, K. *As florestas da América do Sul*. Tradução de Hans Reichardt. São Paulo, Editora Polígono S. A. & Editora da Universidade de Brasília, 1972.

IBGE. *Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. *Folhas SH22-Porto Alegre, SH21- Uruguiana e SI22- Lagoa Mirim*. IBGE, Rio de Janeiro. Vol.33, p.796, 1986.

JONER, F. *A estrutura da comunidade de invertebrados de solo em um mosaico ambiental*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Vale do Rio dos Sinos – São Leopoldo/ RS. 2005.

KELTY, M. J. *The role of species mixtures in plantation forestry*. *Forest Ecology and Management*. Vol. 233, p.195 – 204. 2006.

KERBAUY, G. B. *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 452 p. 2004.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. Inst. Plantarum de Estudos da Flora Ltda. Vols. 1 e 2. 2002.

MÄHLER, J. K. F. J. & LAROCCA, J. F. *Fitofisionomias, Desmatamento e Fragmentação da Floresta com Araucária*. In: FONSECA, C. R., SOUZA, A. F., LEAL -ZANCHET, A. M., DUTRA, T., BACKES, A.; GANADE, G. *Floresta com Araucária: Ecologia, Conservação e Desenvolvimento Sustentável*. Cap. 23. Holus: Ribeirão Preto/ SP. 2008.

MEFFE, G. K. & CARROLL. R. *Principles of conservation biology*. Sinauer Associates. Sunderland, U.S.A., 1994.

MELO, J. T. & RESCK, D. M. S. *Retorno, ao solo, de nutrientes da serrapilheira de Pinus no Cerrado do Distrito Federal*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa. 2002.

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, GUSTAVO A. B. DA; KENTE, J. *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. Nature, n. 403, p. 853-858, 2000.

NETO, T. de A. C.; PEREIRA, M. G. P.; CORREA, M. E. F.; ANJOS, L. H. C. *Deposição de serrapilheira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e floresta secundária*. Floresta e Ambiente. V. 8, n.1, p.70 - 75, jan./dez. 2001

PAGANO, S. N. Produção de folheto em uma mata semidecídua no município de Rio Claro, SP. Revista Brasileira de Biologia. V. 49, p. 633-639, 1989.

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*. Implicações silviculturais. 1985. 211 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Quiroz, Piracicaba, 1985.

POGGIANI, F. & KOLM, L. *Ciclagem de nutrientes em povoamentos de Eucalyptus grandis submetidos à prática de desbaste*. Rev. Scientia Forestalis, n. 63, p. 79-93. 2003.

POGGIANI, F. & SCHUMACHER, M. *Ciclagem de Nutrientes em Florestas Nativas*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.) *Nutrição e Fertilização Florestal*. Piracicaba:IBEF, p. 287-308, 2000.

PRITCHETT, W. L. *Properties and management of forest soil*. New York: John Wiley and Sons, 500p. 1979.

SANTOS, G. A; CAMARGO, F. A. O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, p. 491. 1999.

SAX, D. F., STACHOWICZ, J.J, GAINES, S.D. *Species Invasion: insights into ecology, evolution, and biogeography*. Sinauer, Sunderland. 2005.

SCHUMACHER, M. V., BALBINOT, R., WASTZLAWICK, L. F., SANQUETTA, C. R. *Inventário do carbono orgânico em um plantio de Pinus Taeda aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul*. Rev. Ciências Exatas e Naturais. Vol. 5, n. 1. 2003.

SCHUMACHER, M. V., BRUM, E., HERNANDES, J. I., KÖNIG, F. G. *Produção de serrapilheira em uma Floresta de Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande – RS. Rev. Árvore. Vol. 28, n. 1, p. 29-37. 2004.*

VALENTE, F. D., NEVES, L. G., TIENNE, L., MARQUES, O., CORTINES, E., VALCARCEL, R.; *Produção e decomposição de serrapilheira em medidas biológicas de reabilitação de áreas de empréstimo na Mata Atlântica. Rev. Da Universidade Rural – Série Ciências da Vida, UFRRJ. 2005.*

VITAL, A. R. T., GUERRINI, FRANKEN, W. K., FONSECA, R. C. B. *Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. Rev. Árvore. Vol. 28, n. 6, p. 793-800. 2004.*

VITOUSEK, P. *Nutrient cycling, and use efficiency. Amer. Nat.. Vol. 119, p. 553-572, 1982.*

ZAIA, F. C. & GAMA- RODRIGUES, A. C. *Fertilidade e nutrição do solo. Rev. Bras. Ci. Solo. Vol. 28, p. 843-852. 2004.*

ZILLER, S. R. *Proteção contra espécies invasoras em Unidades de Conservação. Contaminação Biológica: teoria e conceitos. Painel – Anais do II Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. 2000.*