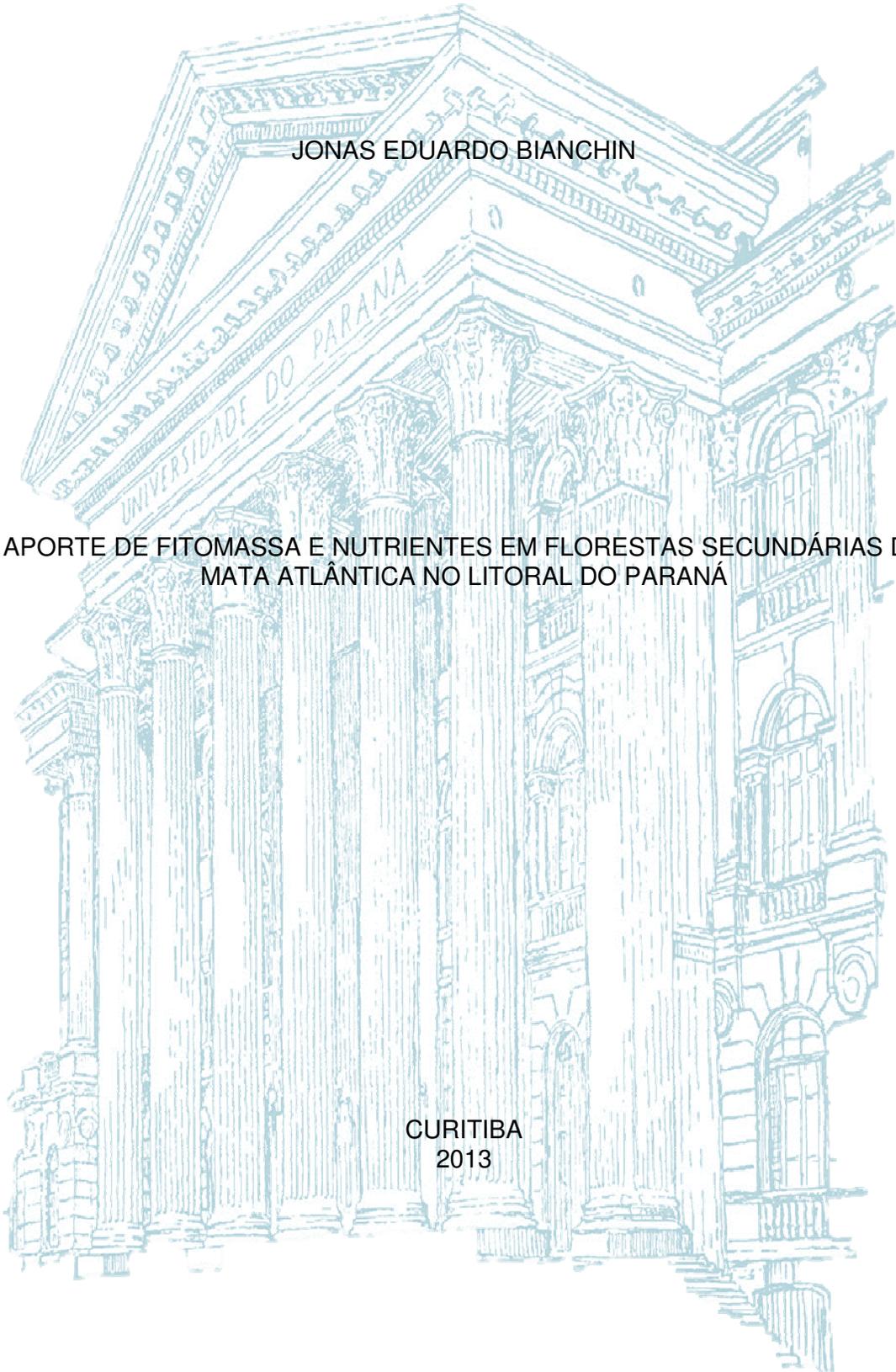


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JONAS EDUARDO BIANCHIN

APORTE DE FITOMASSA E NUTRIENTES EM FLORESTAS SECUNDÁRIAS DA  
MATA ATLÂNTICA NO LITORAL DO PARANÁ

CURITIBA  
2013



JONAS EDUARDO BIANCHIN

APORTE DE FITOMASSA E NUTRIENTES EM FLORESTAS SECUNDÁRIAS DA  
MATA ATLÂNTICA NO LITORAL DO PARANÁ

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Renato Marques

CURITIBA  
2013

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR

Bianchin, Jonas Eduardo

Aporte de fitomassa e nutrientes em florestas secundárias da Mata Atlântica no litoral do Paraná/ Jonas Eduardo Bianchin. – 2013  
102 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Renato Marques

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 28/02/2013.

Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Ciclos biogeoquímicos. 2. Ciclo mineral (Biogeoquímica). 3. Serapilheira - Paraná. 4. Mata Atlântica. 5. Teses. I. Marques, Renato. II. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. III. Título.

CDD – 574.53

CDU – 634.0.182.3



Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

## PARECER

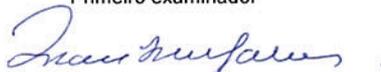
Defesa nº. 965

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Jonas Eduardo Bianchin* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**APORTE DE FITOMASSA E NUTRIENTES EM FLORESTAS SECUNDÁRIAS DA MATA ATLÂNTICA NO LITORAL DO PARANÁ**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em **CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**.



*Dr. Ricardo Miranda de Brites*

Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem - SPVS  
Primeiro examinador



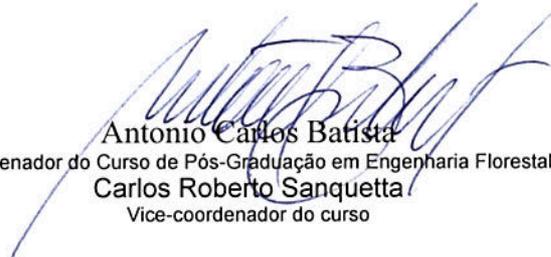
*Dr. Franklin Galvão*

Universidade Federal do Paraná  
Segundo examinador



*Dr. Renato Marques*  
Universidade Federal do Paraná  
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 28 de fevereiro de 2013.



*Antonio Carlos Batista*  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
*Carlos Roberto Sanquetta*  
Vice-coordenador do curso

Dedico esse trabalho aos meus pais, Antonio e Marta, meus exemplos de vida, às minhas irmãs Cristiane, Cátia e Graciele, e a minha companheira Evellyn; pessoas que sempre estiveram ao meu lado nessa caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, farol da nossa frágil existência humana, pelas bênçãos e oportunidades concedidas durante toda a minha caminhada.

Aos meus pais, Antônio e Marta, meu porto seguro, por terem me ensinado os valores que tenho, e as minhas irmãs Cristiane, Cátia e Graciele, por terem me propiciado um ambiente familiar único.

À minha companheira Evellyn, que me acompanhou em grande parte das minhas vivências acadêmicas, por sempre estar do meu lado em todos os momentos.

Ao meu orientador, o Professor Doutor Renato Marques, pela amizade, orientação e ensinamentos, e pela confiança que me proporcionou a oportunidade de cursar o mestrado.

Aos meus irmãos de Pós-graduação (somos todos “Filhos do Renato”): Bárbara, Cristine, Fabiana, Giovanni, Hilbert e Elaine, pela amizade e auxílio quando necessário, sem o qual esse trabalho não seria possível.

Aos amigos que fiz durante essas minhas andanças acadêmicas, muitos dos quais me ajudaram em momentos difíceis da minha caminhada acadêmica: Cilmar e Tomaz, amigos de longa data desde Lages, e Dioni e Felipe, amigos com quem convivi na CEU da UFSM.

Aos amigos de infância Alan e Gleison, que apesar de não fazerem parte do universo acadêmico, sempre me apoiaram durante minha caminhada acadêmica.

Ao João e ao Felipe, pelo auxílio na triagem e pesagem da serapilheira.

Ao Professor Dr. Franklin Galvão e ao Dr. Ricardo Miranda de Britez, pelas sugestões de correção desta dissertação.

Aos amigos, colegas e companheiros do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFPR, e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFPR; à CAPES, pela concessão da bolsa; à SPVS, pela cessão da área de estudo e apoio logístico; e ao SIMEPAR, pelo fornecimento dos dados meteorológicos.

*Mega, ultra, hiper, micro, baixas calorias,  
Kilowatts, gigabytes...  
E eu... o que faço com esses números?*

Humberto Gessinger

## RESUMO

A ciclagem de nutrientes em florestas tropicais é um processo de grande importância para a manutenção do funcionamento desses ecossistemas, pois por meio da liberação dos elementos minerais presentes na fitomassa ocorre o suprimento da maior parte dos nutrientes necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a deposição de serapilheira e ciclagem de nutrientes em florestas secundárias na região de ocorrência da Floresta Ombrófila Densa Submontana no litoral do Paraná. Para isso, foram realizadas coletas mensais de serapilheira depositada em três áreas distintas: floresta secundária menos desenvolvida (FS-1), floresta secundária intermediária (FS-2) e floresta secundária mais desenvolvida (FS-3). A serapilheira foi separada nas frações ramos, órgãos reprodutivos, restos e folhas. As folhas foram triadas novamente para separar as espécies conhecidas, sendo as demais classificadas como folhas diversas. Em seguida, foram determinados o peso seco das amostras de serapilheira e os teores de carbono (C), dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), micronutrientes (Cu, Mn, Fe e Zn) e Na nas diferentes frações e nas folhas de algumas espécies. A deposição média anual de fitomassa foi ligeiramente maior nas áreas FS-3 e FS-1. Com relação à variação temporal, a deposição ficou mais concentrada nos meses quentes e com maior precipitação do ano, padrão comum para florestas ombrófilas. A fração folhas foi a mais abundante em todas as áreas, porém sua proporção diminuiu nas florestas mais desenvolvidas, com aumento da porcentagem dos galhos, o que está ligado à evolução estrutural da floresta. Analisando a deposição das folhas de algumas espécies, observou-se uma tendência de diminuição da proporção das espécies pioneiras, enquanto as secundárias aumentam essa quantidade nas florestas mais desenvolvidas. Isso está ligado às mudanças florísticas ocorridas na floresta, com a substituição de grande parte das espécies pioneiras por secundárias ou climácicas. Para concentração da maioria dos macro e micronutrientes, o arranjo fatorial mostrou interação significativa entre as frações e as estações do ano. O teor de N aumentou nas florestas mais desenvolvidas, para a maioria das frações e espécies, o que conseqüentemente diminuiu a relação C/N. Alguns padrões se repetiram nas três áreas, como maior concentração de K e menores de Mn e Fe nos órgão reprodutivos; e maiores teores de P nos ramos e de Mg nas folhas diversas. O teor de Na foi elevado na floresta secundária intermediária, devido à exposição da parcela aos ventos vindo do mar. Alguns nutrientes, como N, K e Cu, apresentaram maiores teores no inverno, o que está relacionado à menor precipitação nesse período, devido à mobilidade desses elementos na planta. Comparando as áreas, percebe-se que a concentração de grande parte dos nutrientes aumentou nas florestas mais desenvolvidas, assim como a quantidade média anual de nutrientes depositados. Esses resultados são compatíveis com resultados obtidos em outras áreas de Floresta Ombrófila Densa.

Palavras-chave: Floresta Atlântica. Deposição de serapilheira. Ciclagem de nutrientes.

## ABSTRACT

Nutrient cycling in tropical forests is a very important process to maintain the ecosystem functioning. It supplies the major part of the elements needed for plant growth. The aim of this study was to evaluate the litterfall and nutrient cycling in different stages of secondary succession in Dense Ombrophilous Submontane Forest. For this, the litterfall was collected monthly in three sites: initial secondary forest (FS-1), intermediate secondary forest (FS-2) and advanced secondary forest (FS-3). Samples were separated in different fractions: branches, reproductive organs, leaves and remains. The leaves were screened again to separate selected species, the others being classified as remaining leaves. Then we determined the dry weight of the litter samples (fractions and species), and the content of carbon (C), macronutrients (N, P, K, Ca and Mg), micronutrients (Cu, Mn, Fe and Zn) and Na on the different litterfall fractions. The biomass deposition was lightly superior on FS-3 e FS-1 sites. The temporal variation was characterized by high depositions during the warmer/wetter months, what represents a common standard for tropical rainforests. The leaves fraction was the most abundant, but their proportion decreased in the oldest forests, increasing the percentage of branches, what is linked to the structural evolution of the forest. The same occurred for the pioneer species, representing a high proportion of the total leaves biomass in the FS-1 site but decreasing its proportion in the oldest forests, being replaced by secondary or climax species. For concentration of most macro and micronutrients, the factorial arrangement showed a significant interaction between fractions and seasons. N content increased in the oldest forests, for most species and fractions, with consequent decrease of the C/N ratio. Some patterns were repeated for the fractions of the three sites: the highest K and lowest Mn and Fe contents in the reproductive organs, and the highest P contents in the branches, and the highest Mg in leaves. Sodium content was superior at intermediate secondary forest, due to forest exposure to winds from the sea. Some nutrients such as N, K and Cu showed higher levels during Winter, what is related to low rainfall and leaching of such elements during this period. Nutrient content for elements increased in the oldest forests as well the average annual amount of deposited nutrients. The results here are similar to other studies with Dense Ombrophilous Forest in Brazil.

Key-words: Brazilian Atlantic Forest. Litterfall. Nutrient cycling.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS DE ESTUDO NA RESERVA NATURAL DO RIO CACHOEIRA EM ANTONINA, PR.....	19
FIGURA 2 – DIAGRAMA CLIMÁTICO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA – PR, COM DADOS HISTÓRICOS DO PERÍODO DE JANEIRO DE 1999 A JULHO DE 2012 .....	21
CAPÍTULO I	
FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS COLETORES DE SERAPILHEIRA NAS SUBPARCELAS .....	34
FIGURA 4 – COLETOR DE SERAPILHEIRA DEPOSITADA.....	35
FIGURA 5 – VARIAÇÃO MENSAL DA DEPOSIÇÃO TOTAL DE SERAPILHEIRA EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR .....	37
FIGURA 6 – DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO SIMEPAR DE ANTONINA, PR, REFERENTE AO PERÍODO DE ESTUDO.....	38
FIGURA 7 – VARIAÇÃO MENSAL DA DEPOSIÇÃO DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	45
FIGURA 8 – DINÂMICA DE DEPOSIÇÃO FOLIAR DE ALGUMAS ESPÉCIES EM FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR .....	49
FIGURA 9 – VARIAÇÃO MENSAL DA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DA FLORESTA SECUNDÁRIA MENOS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	50
FIGURA 10 – VARIAÇÃO MENSAL DA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DA FLORESTA SECUNDÁRIA INTERMEDIÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	51
FIGURA 11 – VARIAÇÃO MENSAL DA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DA FLORESTA SECUNDÁRIA MAIS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA – PR.....	52

## CAPÍTULO II

FIGURA 12 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS COLETORES DE SERAPILHEIRA NAS SUBPARCELAS .....61

FIGURA 13 – ARRANJO DAS AMOSTRAS COMPOSTAS DE SERAPILHEIRA.....63

FIGURA 14 – COMPARAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE C, N E RELAÇÃO C/N DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DE TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA EM ANTONINA, PR .....69

FIGURA 15 – COMPARAÇÃO DO APORTE DE NUTRIENTES EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA EM ANTONINA, PR .....95

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....24

TABELA 2 – ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NAS CAMADAS SUPERFICIAIS DO SOLO DAS PARCELAS DE ESTUDO .....26

### CAPÍTULO I

TABELA 3 – CORRELAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS MENSIS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS COM A DEPOSIÇÃO MENSAL EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR .....39

TABELA 4 – PRODUÇÃO TOTAL DE SERAPILHEIRA POR ESTAÇÃO EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....40

TABELA 5 – VALORES ANUAIS DE DEPOSIÇÃO DE FITOMASSA EM FLORESTAS SECUNDÁRIAS DE DIFERENTES FITOFISIONOMIAS BRASILEIRAS.....43

TABELA 6 – FITOMASSA DEPOSITADA NAS FRAÇÕES EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR .....44

TABELA 7 – FITOMASSA FOLIAR DEPOSITADA ANUAL POR ESPÉCIES EM CADA TRÊS ÁREAS DE FLORESTA SECUNDÁRIA NA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....46

### CAPÍTULO II

TABELA 8 – CONCENTRAÇÃO DE C, N E RELAÇÃO C/N DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DE TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....65

TABELA 9 – CONCENTRAÇÃO DE C, N E RELAÇÃO C/N NAS FOLHAS DE ALGUMAS ESPÉCIES DE TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....66

TABELA 10 – CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E NA NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA MENOS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....70

TABELA 11 – CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E NA NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA INTERMEDIÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	72
TABELA 12 – CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E NA NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA MAIS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	73
TABELA 13 – CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E NA NAS FOLHAS DE ALGUMAS ESPÉCIES DE TRÊS ÁREAS DE FLORESTA SECUNDÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	77
TABELA 14 – CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA MENOS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	79
TABELA 15 – CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA INTERMEDIÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	80
TABELA 16 – CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA MAIS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	81
TABELA 17 – CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NAS FOLHAS DE ALGUMAS ESPÉCIES DE TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA .....	82
TABELA18 – COMPARAÇÃO DO TEOR DE NUTRIENTES E RELAÇÃO C/N DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DE TRÊS ÁREAS DE FLORESTA SECUNDÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	85
TABELA19 – COMPARAÇÃO DO TEOR DE NUTRIENTES E RELAÇÃO C/N DAS FOLHAS DE ALGUMAS ESPÉCIES DE TRÊS ÁREAS DE FLORESTA SECUNDÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	86
TABELA 20 – QUANTIDADE MÉDIA ESTACIONAL E ANUAL DE NUTRIENTES NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA MENOS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	89
TABELA 21 – QUANTIDADE MÉDIA ESTACIONAL E ANUAL DE NUTRIENTES NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA INTERMEDIÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	91
TABELA 22 – QUANTIDADE MÉDIA ESTACIONAL E ANUAL DE NUTRIENTES NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA MAIS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.....	92

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 CICLAGEM DE NUTRIENTES EM FLORESTAS TROPICAIS</b> .....	<b>17</b>
<b>3 ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>19</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO.....	19
3.2 CLIMA.....	20
3.3 VEGETAÇÃO.....	21
3.4 SOLO.....	25
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>31</b>
<b>DINÂMICA DE DEPOSIÇÃO DE FITOMASSA EM FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS NA FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA DO LITORAL DO PARANÁ</b>	
1 INTRODUÇÃO.....	<b>32</b>
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	<b>34</b>
2.1 COLETA E PROCESSAMENTO DA SERAPILHEIRA.....	34
2.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	36
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	<b>37</b>
4 CONCLUSÕES.....	<b>53</b>
REFERÊNCIAS.....	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>58</b>
<b>BIOELEMENTOS EM FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA EM DIFERENTES FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DE FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA DO LITORAL DO PARANÁ</b>	
1 INTRODUÇÃO.....	<b>59</b>
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	<b>61</b>
2.1 COLETA DA SERAPILHEIRA.....	61
2.2 PROCESSAMENTO DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA.....	61
2.3 ANÁLISES QUÍMICAS.....	63
2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	64
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	<b>65</b>
3.1 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA DEPOSITADA.....	65
3.1.1 Carbono e Nitrogênio.....	65
3.1.2 Macronutrientes e Sódio.....	70
3.1.3 Micronutrientes.....	78
3.1.4 Dinâmica dos nutrientes com o avanço da sucessão secundária.....	82
3.2 APORTE DE NUTRIENTES PELA SERAPILHEIRA DEPOSITADA.....	88
4 CONCLUSÕES.....	<b>97</b>
REFERÊNCIAS.....	<b>98</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>102</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um dos 25 *hotspots* de biodiversidade reconhecidos no mundo, áreas que perderam pelo menos 70% de sua cobertura vegetal original, mas que juntas, abrigam mais de 60% de todas as espécies terrestres do planeta (GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005). É o terceiro maior bioma brasileiro em extensão, ocupando cerca de 111 milhões de hectares, sendo que, no Paraná, ocupa 98% do território (IBGE, 2004). Da cobertura vegetal original do bioma, restam cerca de 16 milhões de hectares (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Na porção leste do Estado do Paraná, definida praticamente em toda sua extensão pela barreira geográfica natural da Serra do Mar, situa-se a região da Floresta Ombrófila Densa (RODERJAN *et al.*, 2002). Essa unidade fitoecológica é conhecida por sua grande biodiversidade, o que se deve principalmente à grande variedade de ambientes que a formam, os quais se diferenciam entre si por suas características de solo, relevo, altitude, microclima, entre outros (SCHWARZBACH, 2005). Apesar de grande exuberância, a Floresta Ombrófila Densa está situada, em muitos casos, sob solos quimicamente pobres. Nessa condição, a vegetação desempenha um papel fundamental na manutenção da fertilidade dos solos, pois grande parte dos nutrientes minerais está na biomassa das próprias plantas, ficando protegida da lixiviação (TOWNSEND, BEGON e HARPER, 2006).

No contexto da ciclagem de nutrientes, um dos principais fluxos é a deposição da serapilheira que, após a decomposição de seus componentes, se torna a principal fonte de nutrientes para o sistema. Esse processo de transferência dos nutrientes das plantas para o ecossistema denomina-se ciclo biogeoquímico, e envolve várias etapas: absorção, translocação, imobilização e restituição dos nutrientes por parte da vegetação que constitui o ecossistema (BERTALOT *et al.*, 2004).

O padrão de deposição de serapilheira em florestas tropicais tem sido assunto de crescente importância. Apesar disso, ainda são incipientes os trabalhos que elucidem como esse processo se desenvolve em florestas secundárias com o avanço da sucessão. Pesquisas relacionadas a estes ecossistemas, tanto de caráter aplicado como básico (florística, estrutura e funcionamento), auxiliam no manejo adequado da floresta e incrementam os conhecimentos sobre espécies nativas que

possuem potencial econômico (MARTINS, 2004). No entanto, de maior relevância do que a simples acumulação quantitativa é o processo de mineralização do material orgânico responsável pela liberação de nutrientes para o solo (SOUZA e DAVIDE, 2001).

A ciclagem biogeoquímica é extremamente importante para a manutenção da diversidade e funcionalidade de diversos ecossistemas, principalmente para as florestas tropicais. Entretanto, os processos, tanto de deposição quanto de decomposição da serapilheira, ainda têm sido pouco investigados na Floresta Atlântica do litoral do Paraná, principalmente ao que se refere à contribuição de diferentes espécies arbóreas dentro desses fluxos (ROCHA, 2006). Assim, conhecer a dinâmica do funcionamento da ciclagem biogeoquímica dos nutrientes nesses ambientes é extremamente importante para a preservação dos últimos remanescentes de florestas, bem como para a conservação de sua funcionalidade (PROTIL, 2006).

Alguns trabalhos envolvendo ciclagem de nutrientes em sucessão secundária têm sido desenvolvidos no litoral do Paraná, nas diversas fitofisionomias da Floresta Ombrófila Densa (BOEGER, 2000; PINTO, 2001; PROTIL, 2006; ROCHA, 2006; SCHEER, 2006; DICKOW, 2010). No entanto, pesquisas com essa abordagem necessitam de aprofundamento, principalmente se considerarmos o mosaico de ambientes e o histórico de uso e exploração dessas áreas. É necessário conhecer como se desenvolvem os processos de ciclagem de nutrientes com o aumento da idade e complexidade de estrutura da floresta, o que pode fornecer importantes subsídios para o manejo adequado e conservação dessas áreas. Conhecimentos básicos detalhados sobre a complexidade de ecossistemas são essenciais para avaliar o estado de todas as regiões da Mata Atlântica e para construir ações conservacionistas que sejam estratégicas, transparentes e econômica e ambientalmente sustentáveis (GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CICLAGEM DE NUTRIENTES EM FLORESTAS TROPICAIS

Nos biomas florestais do mundo existe uma tendência latitudinal geral de produtividade crescente, partindo das condições boreais, passando pelas temperadas, até as tropicais (TOWNSEND, BEGON e HARPER, 2006). A biomassa sobre o solo compreende de 20 a 50% da matéria orgânica total (viva e morta) na maioria dos ecossistemas de floresta, aumentando das florestas boreais para as tropicais (CAMPOS *et al.*, 1999).

Os elementos químicos tendem a circular na biosfera em vias características, do ambiente aos organismos, retornando ao ambiente. Essas vias mais ou menos circulares são conhecidas como ciclos biogeoquímicos (ODUM, 1988). Tratam-se de movimentos circulares dos elementos químicos do mundo abiótico, que seguem rumos característicos, levando-os do ambiente para os organismos e dos organismos para o ambiente (DUVIGNEAUD, 1974).

As raízes extraem água do solo, mas também minerais essenciais necessários para as plantas, como o nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, cálcio, magnésio e ferro, junto com traços de manganês, zinco, cobre e boro (TOWNSEND, BEGON e HARPER, 2006). Estes nutrientes são divididos, de acordo com as quantidades exigidas pelas plantas, em macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn). No sistema solo-planta, os nutrientes estão em estado de transferência contínuo e dinâmico, em que as plantas retiram os nutrientes do solo e os usam nos seus processos metabólicos, retornando-os para o solo naturalmente como liteira (CORRÊA *et al.*, 2006).

A serapilheira representa a camada de material morto, proveniente da biomassa aérea da vegetação, que permanece no solo até ser fragmentado e decomposto pelos processos físico- químicos e bióticos que ocorrem nessa fração do ecossistema (ADUAN, VILELA e KLINK, 2003). Em ambientes frágeis, a serapilheira torna-se a principal fonte de nutrientes para o solo, sendo que, por meio da sua decomposição, ocorre o reaproveitamento dos seus nutrientes pela

vegetação, garantindo a sustentabilidade destes ecossistemas (PINTO, 2001). A nutrição, a partir da circulação dos nutrientes da matéria orgânica, é o abastecimento principal das árvores. Comparado com isso fica o abastecimento a partir da decomposição dos minerais, da fixação do nitrogênio do ar e do suprimento pelas chuvas em segundo plano (ANDRAE, 1978).

As florestas tropicais são importantes não somente pela imensa biodiversidade que abrigam, mas também pelas funções ecossistêmicas e serviços ambientais que provêm, como a manutenção dos aquíferos, sequestro de carbono (BARBOSA *et al.*, 2007), manutenção da fertilidade dos solos, entre outras. Como geralmente estão situadas sob solos quimicamente pobres, a vegetação desempenha um papel de extrema importância nesses ambientes, por meio do ciclo biogeoquímico, que se dá fundamentalmente pela deposição e decomposição de serapilheira (MARTINS, 2004). Nesse processo, os nutrientes minerais na serapilheira são rapidamente liberados e podem ser carregados para níveis mais baixos no solo, onde as raízes podem recuperá-los (TOWNSEND, BEGON e HARPER, 2006). Os elementos minerais são absorvidos pelos tecidos das plantas e microrganismos em crescimento, quando então são transferidos de diversas maneiras, retornando ao ambiente após sua morte (OSAKI, 2008).

A ciclagem de nutrientes depende de vários fatores, como origem química do elemento, eficiência do processo biológico e do meio, com relação à disponibilidade de água, velocidade da atividade biológica, estrutura e população das comunidades dos diversos organismos (PROTIL, 2006). Diferentes etapas de sucessão de uma mesma tipologia florestal, por diferirem na composição de espécies, apresentam diferentes taxas de deposição de serapilheira (ROCHA, 2006).

Trabalhos sobre deposição e concentração de nutrientes na serapilheira são encontrados em diversos ecossistemas do mundo, sendo o processo mais bem estudado no conjunto que compõe a ciclagem de elementos, inclusive nas regiões tropicais (PROTIL, 2006). O estudo da ciclagem de nutrientes minerais via serapilheira é fundamental para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais (VITAL *et al.*, 2004). No Brasil, os estudos de ciclagem de nutrientes em florestas tropicais iniciaram-se no final da década de 60. Ainda assim, existem poucos dados referenciais sobre ciclagem de nutrientes em florestas brasileiras, principalmente, em Floresta Atlântica (HINKEL, 2002).

### 3 ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO

O estudo foi desenvolvido na Reserva Natural do Rio Cachoeira, a qual está inserida na Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba, litoral do Estado do Paraná, sul do Brasil, conforme a FIGURA 1. A reserva possui área de aproximadamente 8600 ha e pertence à Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental – SPVS. As parcelas situam-se próximas das coordenadas 25°18' Sul e 48°40' Oeste, com altitude média próxima dos 100 m s.n.m.

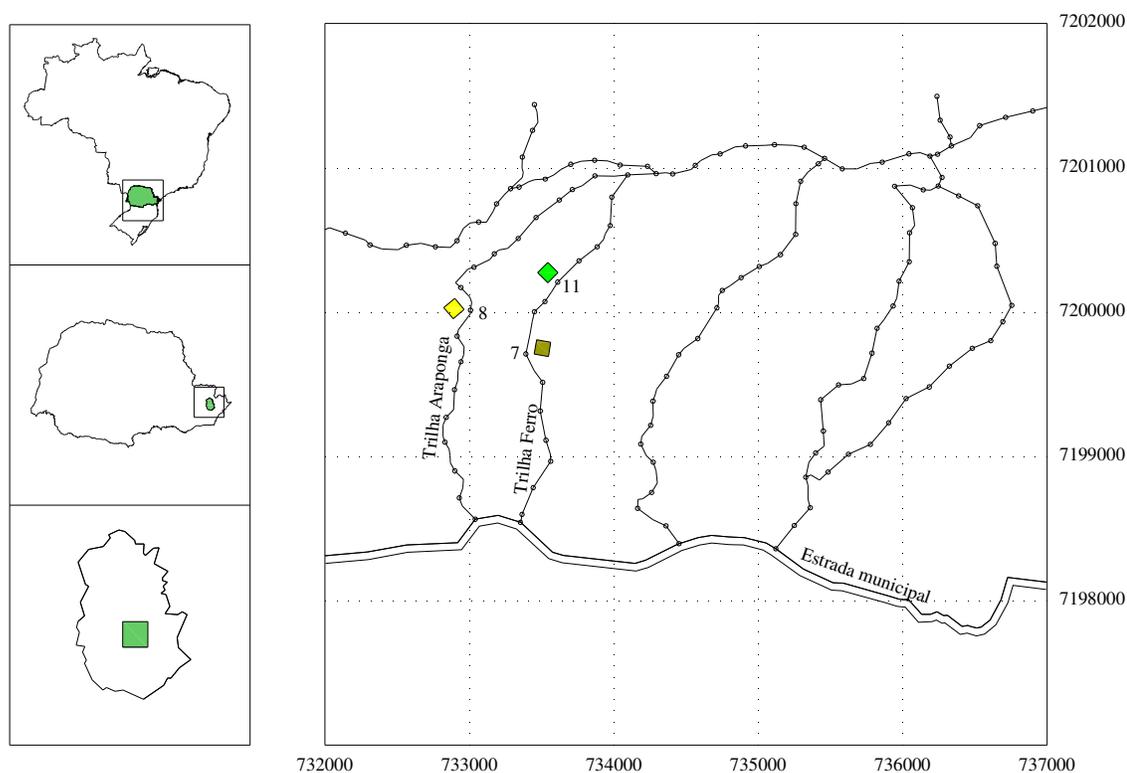


FIGURA 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS DE ESTUDO NA RESERVA NATURAL DO RIO CACHOEIRA EM ANTONINA, PR  
FONTE: O AUTOR (2013)

Parte das áreas de floresta que hoje compõem a Reserva Natural do Rio Cachoeira foi suprimida, para a retirada de madeira, para o plantio de culturas agrícolas diversas e atividades agropecuárias, o que ocasionou uma degradação

ambiental acentuada. Após o abandono, essas áreas entraram em processo de sucessão secundária e estão se regenerando. A restauração desses ambientes ocorreu em diferentes períodos, o que condicionou um mosaico de formações florestais em processo de sucessão secundária com diferentes idades e estruturas florísticas. Três áreas distintas quanto à idade e estrutura florística foram o objeto deste estudo.

### 3.2 CLIMA

O clima na região é do tipo Cfa segundo a classificação de Koeppen (subtropical úmido mesotérmico). Por se tratar de áreas com pouca altitude, em torno de 100 m s.n.m., as geadas praticamente são pouco frequentes (IPARDES, 2001), o que condiciona o desenvolvimento de algumas espécies que não toleram frio intenso.

O diagrama climático (FIGURA 2) apresenta os valores médios mensais de temperatura e precipitação coletados na estação meteorológica de Antonina, no período de janeiro de 1999 a julho de 2012<sup>1</sup>. A estação está localizada a pouco mais de 10 km das parcelas, o que faz com que os valores das variáveis meteorológicas sejam muito aproximados aos encontrados no local do estudo. Analisando a série histórica, a temperatura mínima nos meses mais frios é um pouco inferior aos 10 °C, a temperatura média de todos os meses do ano varia em torno dos 22 °C, enquanto a temperatura máxima dos meses mais quentes varia em torno dos 35 °C.

A precipitação é relativamente alta, favorecida pelas correntes quentes que trazem umidade do mar para o continente. Essa umidade condensa ao subir a serra, formando as chuvas orográficas. A precipitação média anual varia entre 2.000 e 3.000 mm, com os maiores volumes de chuva ocorrendo no verão, nos meses de dezembro a março (IPARDES, 2001). Na estação fria, apesar de a precipitação ser mais baixa, não há escassez de chuva, fato que caracteriza a ombrofilia dessas formações florestais.

---

<sup>1</sup> Os dados climáticos foram obtidos junto ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR).

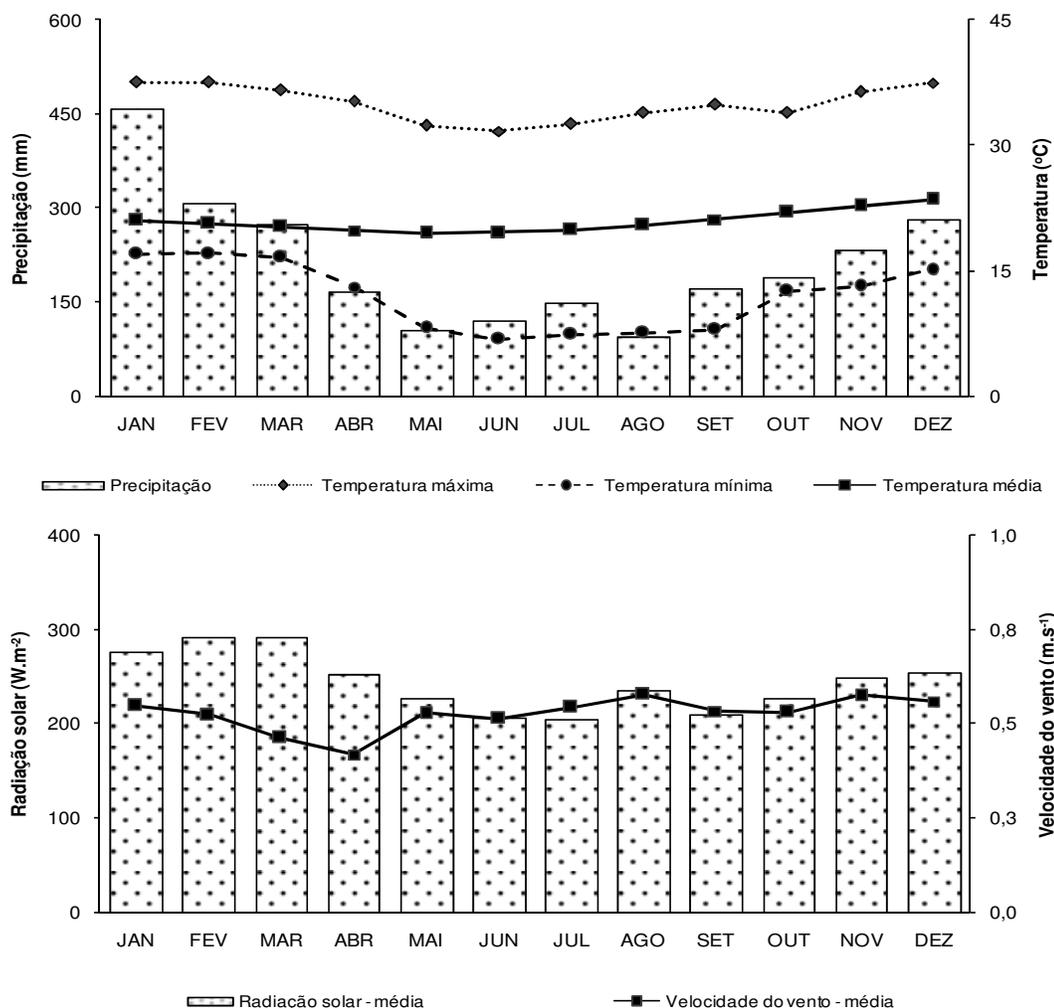


FIGURA 2 – DIAGRAMA CLIMÁTICO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA – PR, COM DADOS HISTÓRICOS DO PERÍODO DE JANEIRO DE 1999 A JULHO DE 2012  
 FONTE: Adaptado de SIMEPAR (2013)

### 3.3 VEGETAÇÃO

A região onde se insere a Reserva Natural do Rio Cachoeira contempla a Floresta Ombrófila Densa que, segundo IBGE (1992), pode ser caracterizada pela presença de macro e mesofanerófitos, além de lianas lenhosas e epífitas em abundância, sendo, no entanto, a ombrofilia sua principal característica ecológica. As altas temperaturas e a precipitação bem distribuída ao longo do ano determinam uma situação bioecológica favorável, praticamente sem período seco.

Na reserva, a Floresta Ombrófila Densa ocorre nas seguintes formações: Aluvial, das Terras Baixas, Submontana e Montana. Cada uma dessas formações difere entre si em vários aspectos, como composição e riqueza de espécies, estratificação, tipo de substrato (solo) onde ocorrem, microclima, dentre outros. As parcelas de estudo representam diferentes fases de sucessão secundária de Floresta Ombrófila Densa Submontana.

A formação Submontana da Floresta Ombrófila Densa compreende as florestas que ocupam a planície litorânea com sedimentos quaternários continentais (depósitos coluviais) e o início das encostas da Serra do Mar, situadas entre aproximadamente 20 e 600 m s.n.m. Como está situada numa zona de transição entre o compartimento continental da planície litorânea e a Serra do Mar e as condições edafoclimáticas são favoráveis ao desenvolvimento vegetal, essa fitofisionomia possui a maior diversidade e riqueza de espécies dentre as formações florestais da Floresta Ombrófila Densa (RODERJAN *et al.*, 2002).

Segundo Roderjan *et al.* (2002), são típicos no dossel as espécies *Ocotea catharinensis* Mez, *Sloanea guianensis* (Aubl.) Benth., *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, *Virola bicuhyba* (Schott ex Spreng.) Warb., *Alchornea triplinervia*, *Hyeronima alchorneoides* Allemão, *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze, *Pseudopiptadenia warmingii* (Benth.) G.P. Lewis & M.P. Lima, *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell. e *Vochysia bifalcata* Warm. Nos estratos inferiores frequentemente encontram-se *Garcinia gardneriana* (Planch. & Triana) Zappi, *Guapira opposita* (Vell.) Reitz, *Bathysa meridionalis* L. B. Sm. & Downs, *Psychotria nuda* (Cham. & Schtdl.) Wawra, *Psychotria suterella* Müll. Arg., *Euterpe edulis*, *Geonoma schottiana* Mart., *Geonoma elegans* Mart. e *Cyathea hirsuta* C. Presl.

Algumas espécies frequentes na formação Submontana não invadem ambientes montanos e, se o fazem, é apenas pelo sub-bosque, protegidas das quedas térmicas próprias das altitudes montanas (LEITE, 1994). O palmito (*E. edulis* Mart. – Arecaceae) e o guapuruvu (*S. parahyba* (Vell.) S.F. Blake – Caesalpinaceae) não são comuns em altitudes maiores que 600 m s.n.m.

As áreas de estudo apresentam diferenças estruturais e fitofisionômicas entre si, mas não se caracterizam como uma cronossequência típica, nem como diferentes estágios de sucessão, apesar das diferenças na composição de espécies entre elas. A TABELA 1 apresenta os parâmetros fitossociológicos das três áreas, calculados a

partir de um censo realizado nas parcelas no período de 2008 a 2009 (dados não publicados).

A parcela de floresta secundária menos desenvolvida (FS-1) possui densidade de 2082 ind.ha<sup>-1</sup>, sendo caracterizada pela presença de um estrato dominante, começando a ter uma diferenciação em mais um estrato, fruto da evolução da idade e estrutura da floresta. A área basal é de 27,3 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, o diâmetro médio é de 11,1 cm e a altura média corresponde a 9,0 m. Apresenta predomínio de algumas espécies, como *Pera glabrata* e *Vochysia bifalcata*, que juntas representam mais da metade da cobertura da área. Há pouca presença de epífitas, o que se deve em parte pela descontinuidade da estrutura horizontal da floresta.

A parcela de floresta secundária intermediária (FS-2) caracteriza-se pela presença de dois estratos definidos, sendo a estrutura relativamente homogênea, sem predomínio absoluto de nenhuma espécie. A área basal é de 35,91 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, a densidade é de 1996 ind.ha<sup>-1</sup>, o diâmetro médio é de 12,01 cm e a altura média é de 9,21 m. Algumas espécies de caráter pioneiro que eram comuns na floresta secundária menos desenvolvida, como *Tibouchina pulchra*, apresentam poucos indivíduos nessa área, tendo sido substituídas por secundárias. Apresenta uma maior quantidade de epífitas em relação à fase inicial, e um sub-bosque relativamente desenvolvido, com grande densidade de Rubiáceas.

A área de floresta secundária mais desenvolvida (FS-3) apresenta dossel contínuo e vários estratos bem diferenciados, inclusive com sub-bosque denso. A densidade é de 1840 ind.ha<sup>-1</sup>, a área basal corresponde a 30,27 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, o diâmetro médio corresponde a 11,78 cm e a altura média é de 8,82 m. A estrutura da floresta é bem desenvolvida, com abundante presença de epífitas, bromélias e trepadeiras, beneficiadas pela continuidade do dossel que cria um microclima favorável ao seu desenvolvimento. Há vários indivíduos de *Vochysia bifalcata* de grande porte, no entanto, são mais frequentes as espécies de sub-bosque, como *Casearia sp.* e *Psychotria sp.*, além de outras Rubiáceas.

O índice de diversidade de espécies de Shannon, para as três áreas (FS-1, FS-2 e FS-3), é  $H' = 2,674$ ,  $H' = 4,079$  e  $H' = 3,853$ , respectivamente. O índice de equabilidade de Pielou foi calculado em  $J = 0,602$ ,  $J = 0,824$  e  $J = 0,784$ , respectivamente. Os valores desses dois índices na FS-2 e FS-3 indicam que essas

áreas apresentam estrutura florística bem desenvolvida, com grande número de espécies em sua composição.

TABELA 1 – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Espécies	DA (ind)	DR (%)	FA (%)	FR (%)	DoA (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	DoR (%)	VI (%)	VC (%)
<i>Vochysia bifalcata</i>	347	16,7	74	9,4	10,19	37,4	21,2	27,0
<i>Pera glabrata</i>	622	29,9	92	11,7	4,95	18,2	19,9	24,0
<i>Casearia sp.</i>	273	13,1	118	15,0	1,21	4,4	10,9	8,8
<i>Tibouchina pulchra</i>	188	9,0	51	6,5	3,45	12,7	9,4	10,8
<i>Miconia sp.</i>	94	4,5	46	5,9	0,46	1,7	4,0	3,1
<i>Cupania oblongifolia</i>	65	3,1	40	5,1	0,30	1,1	3,1	2,1
<i>Myrsine ferruginea</i>	42	2,0	24	3,1	0,48	1,8	2,3	1,9
<i>Nectandra membranacea</i>	26	1,2	17	2,2	0,48	1,8	1,7	1,5
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	22	1,1	16	2,0	0,35	1,3	1,5	1,2
<i>Symplocos laxiflora</i>	17	0,8	13	1,7	0,47	1,7	1,4	1,3
Outras espécies	386	18,6	294	37,5	4,92	18,1	24,8	18,4
TOTAL	2082	100	785	100	27,26	100	100	100
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	103	5,2	67	4,7	3,63	10,1	6,7	7,6
<i>Psychotria mapourioides</i>	131	6,6	49	3,4	2,33	6,5	5,5	6,5
<i>Sloanea guianensis</i>	121	6,1	61	4,3	0,95	2,6	4,3	4,4
<i>Cupania oblongifolia</i>	91	4,6	61	4,3	1,12	3,1	4,0	3,8
<i>Vochysia bifalcata</i>	27	1,4	19	1,3	2,95	8,2	3,6	4,8
<i>Myrcia pubipetala</i>	111	5,6	76	5,3	1,69	4,7	5,2	5,1
<i>Bathysa australis</i>	87	4,4	48	3,4	0,66	1,8	3,2	3,1
<i>Casearia sp.</i>	74	3,7	55	3,9	1,25	3,5	3,7	3,6
<i>Guapira opposita</i>	64	3,2	37	2,6	0,71	2,0	2,6	2,6
<i>Matayba guianensis</i>	37	1,9	30	2,1	0,86	2,4	2,1	2,1
Outras Espécies	1150	57,5	921	64,6	19,74	55,0	59,0	56,3
TOTAL	1996	100	1424	100	33,91	100	100	100
<i>Casearia sp.</i>	195	10,6	93	7,3	2,40	7,9	8,6	9,3
<i>Psychotria nuda</i>	205	11,1	78	6,1	0,74	2,4	6,6	6,8
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	63	3,4	50	3,9	3,52	11,6	6,3	7,5
<i>Psychotria mapourioides</i>	106	5,8	48	3,8	1,59	5,3	4,9	5,5
<i>Cupania oblongifolia</i>	70	3,8	50	3,9	1,34	4,4	4,1	4,1
<i>Vochysia bifalcata</i>	17	0,9	13	1,0	2,64	8,7	3,6	4,8
<i>Sloanea guianensis</i>	63	3,4	39	3,1	0,96	3,2	3,2	3,3
<i>Euterpe edulis</i>	73	4,0	46	3,6	0,63	2,1	3,2	3,0
<i>Astrocaryum sp.</i>	59	3,2	42	3,3	0,43	1,4	2,6	2,3
<i>Bathysa australis</i>	55	3,0	28	2,2	0,45	1,5	2,2	2,2
Outras espécies	934	50,6	788	61,9	15,56	51,4	54,6	51,0
TOTAL	1840	100	1275	100	30,26	100	100	100

DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa; VI = valor de importância; VC = valor de cobertura

FONTE: Adaptado de SPVS (2009) – Dados não publicados

### 3.4 SOLO

As principais classes de solo encontradas nas reservas são Neossolos, Gleissolos, Cambissolos e Argissolos (FERRETI e BRITZ, 2005). De acordo com mapeamento de solos realizado na Reserva, nas parcelas de estudo, ocorrem solos da classe Cambissolo.

Os Cambissolos são solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, sendo que as características destes solos variam muito de um local para outro, dependendo da heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas. Assim, a classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila (EMBRAPA, 2006).

Nas parcelas de estudo, foi realizada a caracterização química do solo nas camadas superficiais. Para isso, foram coletadas 5 amostras compostas de solo em cada parcela, em duas profundidades, de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm. As amostras de solo foram compostas por 5 sub-amostras, coletadas em linha, acompanhando a declividade do terreno. Isso tornou as amostras mais homogêneas, pois as mesmas foram compostas por solos coletados em várias posições do relevo.

Os resultados analíticos das análises do solo nas camadas superficiais (TABELA 2) mostram pequenas variações para a maior parte das características químicas entre as fases sucessionais. De maneira geral, conforme a interpretação dada pela SBCS (2004), os solos apresentam pH muito baixo (ou elevada acidez); valores de Ca e Mg trocáveis baixos; K Mehlich entre muito baixo (10-20 cm) e baixo (0-10 cm) e valores de P Mehlich altos. A maior parte da acidez deve-se à matéria orgânica do solo, cujos teores são classificados como altos. Os altos valores de P, ligeiramente superiores nas camadas mais superficiais, semelhante ao observado para carbono, sugerem a mineralização da matéria orgânica do solo como fonte deste P. Apesar dos altos valores de P, o cálculo da saturação por bases do solo gera uma classificação de solo distrófico ( $V < 50\%$ ), ou seja, de baixa fertilidade.

TABELA 2 – ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NAS CAMADAS SUPERFICIAIS DO SOLO DAS PARCELAS DE ESTUDO

Parcela		FS-1		FS-2		FS-3	
Profundidade (cm)		0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20	0-10	10 - 20
pH CaCl <sub>2</sub>		3,59	3,58	3,47	3,58	3,64	3,70
pH SMP		5,07	5,22	4,79	4,98	5,09	5,28
Al <sup>+3</sup>		2,44	2,44	2,79	2,60	2,06	1,94
H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup>		9,98	8,92	12,44	10,68	9,86	8,58
Ca <sup>+2</sup>	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	0,19	0,10	0,23	0,15	0,23	0,15
Mg <sup>+2</sup>		0,37	0,17	0,27	0,11	0,29	0,13
K <sup>+</sup>		0,16	0,07	0,10	0,06	0,12	0,06
Na <sup>+</sup>		1,18	1,00	0,94	0,68	0,93	0,62
P	mg.kg <sup>-1</sup>	22,77	16,86	27,37	14,14	22,41	14,12
C	g.dm <sup>-3</sup>	29,76	18,00	22,94	16,86	27,37	13,36
Cu		1,20	1,10	0,50	0,40	1,00	0,90
Mn	mg.kg <sup>-1</sup>	3,70	2,10	2,20	1,20	37,00	19,70
Fe		163,20	179,90	121,80	138,80	73,80	87,40
Zn		3,10	1,50	1,10	0,70	1,90	0,90

FONTE: O autor (2013)

## REFERÊNCIAS

ADUAN, R. E.; VILELA, M. F.; KLINK, C. A. **Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres – o caso do Cerrado brasileiro**. Embrapa: Planaltina – DF, 2003. 28 p

ANDRAE, F. H. **Ecologia Florestal**. Santa Maria: UFSM, 1978. 299 p.

BARBOSA, J. C.; NORONHA, F.; PEREZ, D. V.; GARAY, I. Restauração das propriedades físico-químicas do solo de uma área de restauração florestal no Norte do Espírito Santo. In: **Anais VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu – MG, 2007.

BERTALOT, M. J. A.; GUERRINI, E. A.; MENDOZA, E.; DUBOC, E.; BERREIROS, R. M.; CORRÊA, F. M. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu-SP. **Scientia Forestalis**, v.65, p.219-227, 2004.

BOEGER, M. R. T. **Morfologia foliar e aspectos nutricionais de espécies arbóreas em três estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Paranaguá, PR**. Tese (Doutorado em Engenharia Floresta) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000. 188 f.

CAMPOS, M. L.; MARCHI, G.; LIMA, D. M.; SILVA, C. A. Ciclagem de nutrientes em florestas e pastagens. **Boletim Agropecuário**, n. 65, p1-69, 1999.

CORRÊA, F. L. O.; RAMOS, J. D. GAMA-RODRIGUES, A. C.; MULLER, M. W. Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no Estado de Rondônia, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1099-1105, nov./dez., 2006.

DICKOW, K. M. C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. 215 f.

DUVIGNEAUD, P. **A síntese ecológica**. Paris: Doin Editora, 1974. 165 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA EM AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.

FERRETI, A. R.; BRITZ, R. M. A restauração da Floresta Atlântica no litoral do estado do Paraná: os trabalhos da SPVS. In: GALVÃO, A. P. M.; PORFÍRIO, E. S. [ed.] **Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso**. Colombo, EMBRAPA Florestas, p. 87-102, 2005.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA. I. G. Status do hotspot Mata Atlântica: uma síntese. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA. I. G. (Ed.) **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica — Belo Horizonte: Conservação Internacional, p. 3-11. 2005.

HINKEL, R. **Aspectos da ciclagem de nutrientes de dois estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Ilha de Santa Catarina, SC**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. 164 p.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Série Manuais Técnicos em Geociências**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. n.1.

IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil: primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). **Zoneamento da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba**. Curitiba: IPARDES, 2001. 150 p.

KLEIN, R. M. **Ecologia da Flora e Vegetação do Vale do Itajaí**. Sellowia, 32, 1980. 389 p.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitoecológicas da Região Sul do Brasil. Proposta de classificação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1994. 160 f.

MARTINS, K. G. **Deposição e decomposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas sobre solos hidromórficos na estação ecológica da Ilha do Mel - PR**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004. 126.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434p.

OSAKI, F. **Distribuição espacial de microrganismos e fertilidade em solos de dois ecossistemas florestais: Floresta Ombrófila Mista e povoamento florestal com *Pinus taeda* L. em Tijucas do Sul - PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. 264 f.

PARANÁ. **Mapeamento da Floresta Atlântica do Estado do Paraná**: Cartilha de apoio à interpretação das cartas de vegetação. Curitiba: Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Paraná / Programa Proteção da Floresta Atlântica, 2002. 41 p.

PINTO, C. B. **Contribuição de espécies arbóreas para a ciclagem de nutrientes em sucessão vegetal na Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001, 68f.

PROTIL, C. **Contribuição de quatro espécies arbóreas ao ciclo biogeoquímico em Floresta Atlântica na planície litorânea do Paraná**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 127 f.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C., PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**. v. 142, p. 1141-1153, 2009.

ROCHA, A. A. **Deposição de fitomassa e nutrientes, acumulação e decomposição de serapilheira em três tipologias da Floresta Atlântica, Paranaguá, PR**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 113 f.

RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S.; GALVÃO, F.; HATSCHBACH, G. G. As Unidades Fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n. 24, p. 75-42, 2002.

SCHEER, M. B. **Ciclagem de nutrientes em um trecho de Floresta Ombrófila Densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba, PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 155 f.

SCHWARZBACH, J. **Dinâmica química da solução do solo em três fases sucessionais da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no litoral do Paraná.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. 85 f.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 10. ed. Porto Alegre, 400p, 2004.

SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*), eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Cerne**, v.7, n.1, p.101-113, 2001.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. P. **Fundamentos em Ecologia.** Porto Alegre: Editora ARTMED, 2006. 592 pg. 2.ed.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, E. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

## CAPÍTULO I

### DINÂMICA DE DEPOSIÇÃO DE FITOMASSA EM FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS NA FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA DO LITORAL DO PARANÁ

#### RESUMO

A deposição de serapilheira é um processo de grande importância para a manutenção do funcionamento biogeoquímico dos ecossistemas florestais, pois por meio da ciclagem dos elementos minerais presentes na fitomassa ocorre o suprimento de nutrientes em níveis satisfatórios ao crescimento das plantas. Este trabalho teve por objetivo avaliar a deposição de serapilheira em formações secundárias diferentes na Floresta Ombrófila Densa Submontana no litoral do Paraná. Para isso, foram realizadas coletas mensais de serapilheira depositada, entre outubro de 2009 e setembro de 2010, em três parcelas de estudo: floresta secundária menos desenvolvida (FS-1), floresta secundária intermediária (FS-2) e floresta secundária mais desenvolvida (FS-3). A serapilheira foi separada nas frações ramos, órgãos reprodutivos, restos e folhas. Da fração folhas uma nova triagem foi realizada para separar as folhas das espécies conhecidas, sendo as demais classificadas como folhas diversas. Em seguida, foi determinado o peso seco das amostras de serapilheira (frações e espécies). Os resultados apontam para uma maior deposição de fitomassa em FS-1 e FS-3. Com relação à variação temporal, a deposição ficou mais concentrada nos meses quentes e com maior precipitação do ano, padrão comum para florestas ombrófilas. A fração folhas foi a mais abundante em todas as áreas, com deposição mensal semelhante ao observado para a serapilheira total, com picos de deposição coincidentes com os meses de maior precipitação. Nas florestas mais desenvolvidas houve diminuição na proporção das folhas na serapilheira total, com aumento da porcentagem dos galhos, o que está ligado à evolução estrutural da floresta. Analisando a deposição das folhas de algumas espécies, observou-se uma tendência de diminuição da proporção das espécies pioneiras, enquanto as secundárias aumentam essa quantidade nas florestas mais desenvolvidas. Isso está ligado às mudanças florísticas ocorridas na floresta, com a substituição de grande parte das espécies pioneiras por secundárias ou climácicas. Nas florestas mais desenvolvidas não foi observada uma boa relação entre o Valor de Importância (VI) e a deposição de serapilheira das espécies arbóreas. De maneira geral, os resultados deste trabalho são compatíveis com resultados obtidos em outras áreas de Floresta Ombrófila Densa.

Palavras-chave: Floresta Atlântica. Serapilheira. Biogeoquímica florestal.

## 1 INTRODUÇÃO

O termo floresta secundária remete ao conceito de formações florestais originadas a partir de distúrbios sofridos pela floresta, os quais, segundo Corlett (1994), estão relacionados à interrupção da estrutura e florística da vegetação, ocasionando alterações na composição das espécies. Essas formações são muito comuns, principalmente se considerarmos o histórico recente de devastação de grande parte dos ecossistemas florestais. Pode-se dizer que praticamente inexitem florestas primárias, no sentido de que todas as formações florestais já sofreram alguma interferência, mesmo que mínima.

A manutenção do funcionamento das florestas tropicais, que geralmente se desenvolvem sobre solos relativamente pobres, está fortemente ligada à ciclagem biogeoquímica, que se caracteriza como uma via de circulação dos elementos químicos, do ambiente aos organismos, retornando ao ambiente, de forma cíclica e contínua (ODUM, 1988). Nesse processo, ocorre a deposição e decomposição da serapilheira, sendo que os nutrientes são liberados, possibilitando o reaproveitamento pelas plantas, garantindo a sustentabilidade do ecossistema (PINTO e MARQUES, 2003).

No ecossistema florestal, as reservas de nutrientes se acumulam na vegetação, nos animais, na serapilheira e no solo (BRITTEZ *et al.*, 1997). Parte do processo de retorno de matéria orgânica e de nutrientes para o solo florestal se dá por meio da produção de serapilheira, sendo esta via considerada a mais importante para transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo (VITAL *et al.*, 2004).

A serapilheira inclui folhas, caules, ramos, frutos, flores e outras partes da planta. Uma vez depositada, a serapilheira sofre um processo de liberação eventual dos elementos minerais que compõem os tecidos orgânicos (GOLLEY *et al.*, 1978). Essa decomposição se processa de forma rápida em florestas tropicais.

A deposição de serapilheira varia conforme a espécie, idade das árvores e o tipo de floresta (NEVES, MARTINS e REISSMANN, 2001), pois estes fatores condicionam o estabelecimento de diferentes grupos de plantas. O material orgânico que é depositado continuamente sobre o solo tem importância indiscutível na manutenção de sua fertilidade, uma vez que a serapilheira assume o papel de

estoque potencial de nutrientes para o sistema (CALVI, PEREIRA e ESPÍNDULA JUNIOR, 2009). A quantidade de serapilheira que chega ao solo florestal pode indicar várias informações sobre determinada área, como o comportamento de um conjunto de espécies e a correlação entre o aporte e os dados climáticos (GIÁCOMO, 2009).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a contribuição de algumas espécies arbóreas e de diferentes frações que constituem a serapilheira na deposição de fitomassa em três formações secundárias da Floresta Ombrófila Densa Submontana, no município de Antonina, litoral do Paraná. As hipóteses que nortearam este estudo são: a) a deposição de fitomassa é influenciada quantitativa e qualitativamente pela composição florística e estrutura florestal; b) a fração folhas contribui com a maior quantidade de fitomassa entre as frações da serapilheira; c) as estações do ano influenciam na quantidade de fitomassa depositada pelas diferentes frações e espécies arbóreas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 COLETA E PROCESSAMENTO DA SERAPILHEIRA

As coletas foram realizadas mensalmente entre outubro de 2009 e setembro de 2010, em parcelas representando diferentes áreas de floresta secundária (floresta secundária menos desenvolvida, floresta secundária intermediária, floresta secundária mais desenvolvida). Cada parcela possui área de 1 hectare, subdivida em 100 subparcelas de 100 m<sup>2</sup>, conforme FIGURA 3.

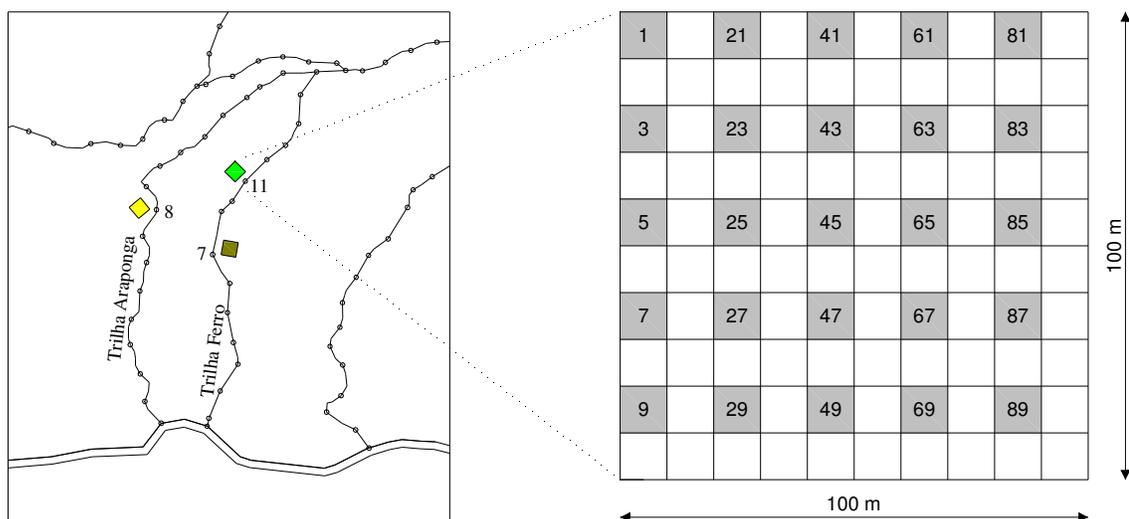


FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS COLETORES DE SERAPILHEIRA NAS SUBPARCELAS

FONTE: O autor (2013)

Os coletores, feitos de PVC, com 1 m<sup>2</sup> de área e tela de nylon de 2 mm (FIGURA 4), foram sistematicamente alocados no centro das 25 subparcelas selecionadas. Em cada coleta, a serapilheira foi recolhida dos coletores e acondicionada em sacos plásticos, sendo devidamente identificada e posteriormente processada no Laboratório de Biogeoquímica – LBG, da Universidade Federal do Paraná - UFPR.

No Laboratório, as amostras foram separadas nas seguintes frações: **folhas**, **ramos e galhos** (inferiores a 2 mm de diâmetro), **órgãos reprodutivos** (flores, frutos e sementes) e **restos**. Na fração restos foram incluídas todas as partículas de

material depositado que, durante o processo de triagem, não foram enquadrados em nenhuma das outras categorias, desde fragmentos de folhas e ramos até restos de insetos.



FIGURA 4 – COLETOR DE SERAPILHEIRA DEPOSITADA.  
FONTE: SLOBODA (2011)

A fração folhas foi separada de acordo com a espécie, e aquelas não identificadas foram classificadas como **folhas diversas**. Em uma primeira triagem foi selecionado um número grande de espécies, as quais foram pesadas separadamente. Para este trabalho a seleção das espécies seguiu dois critérios. O primeiro critério estipulado foi que as espécies deveriam depositar material foliar todos os meses do ano, em quantidade suficiente para as análises químicas. O segundo requisito fixado foi que somente as espécies com deposição nos coletores maior que 120 g de material foliar por ano seriam selecionadas. Para a seleção, as espécies deveriam atender os dois requisitos, sendo que as demais foram agrupadas na fração folhas diversas.

Após a triagem, o material foi acondicionado em sacos de papel e seco em estufa a  $60 \pm 2$  °C até atingir peso constante. Em seguida, foi pesado em balança de precisão de 0,02 g.

## 2.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados de quantidade de serapilheira depositada foram analisados estatisticamente no software Assistat. Primeiramente, foi testada a normalidade dos dados utilizando o teste de Bartlett. Uma vez verificada a normalidade, os dados foram submetidos à ANOVA, e em seguida as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, com probabilidade de 95%. O delineamento estatístico considerado foi o inteiramente casualizado, utilizando como repetições as estações do ano.

Para verificar a influência das variáveis meteorológicas na deposição de serapilheira em cada área, foi realizado o teste de correlação de Pearson entre os fatores (correlação linear simples). Para testar a significância dos coeficientes de correlação, foi aplicado o teste t de Student, à probabilidade  $p = 0,05$  e  $p = 0,01$ .

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A deposição de serapilheira foi contínua ao longo do ano (FIGURA 5), sendo que os valores mensais variaram de 311 kg.ha<sup>-1</sup> no mês de maio, na floresta secundária intermediária, até 1556 kg.ha<sup>-1</sup> no mês de janeiro, na floresta secundária mais desenvolvida. Segundo Selle (2007), a ausência de extremos climáticos, como períodos prolongados de frio e seca, aliada à grande biodiversidade das florestas tropicais, permite uma deposição contínua durante o ano todo.

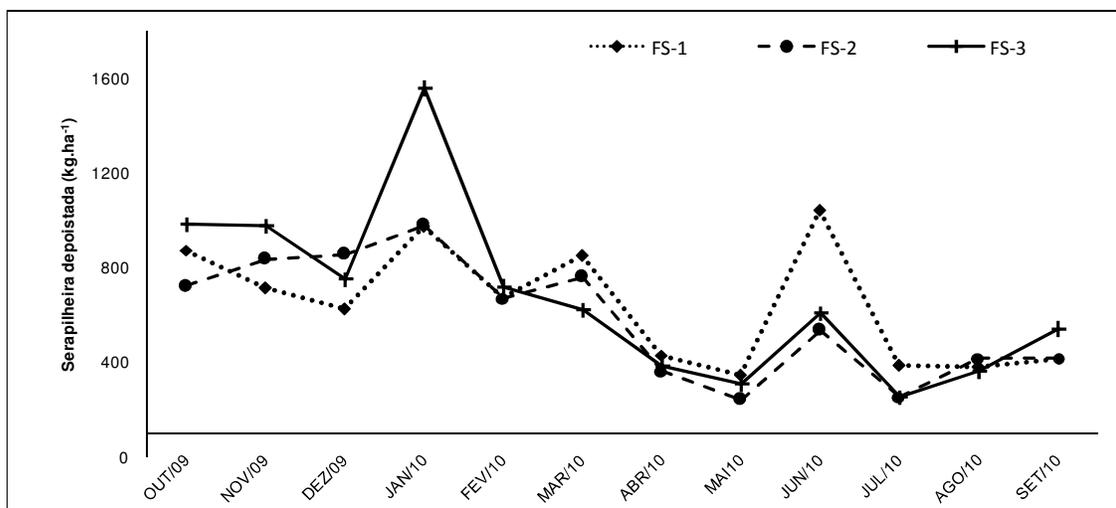


FIGURA 5 – VARIÇÃO MENSAL DA DEPOSIÇÃO TOTAL DE SERAPILHEIRA EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DA FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

FONTE: O autor (2013)

Foram identificados dois picos de deposição diferenciados: o primeiro em janeiro, onde a deposição foi superior na floresta secundária mais desenvolvida (FS-3), e o segundo em junho, com maior deposição na floresta secundária menos desenvolvida (FS-1). Nos demais meses, os valores de deposição mostraram-se relativamente próximos, sem uma tendência clara de diferenciação entre as áreas de floresta secundária. O pico de deposição verificado no mês de janeiro de 2010 foi responsável pela maior quantidade total depositada na FS-3 e o pico de 1041 kg.ha<sup>-1</sup> em junho de 2010, apesar de ser um mês do inverno, fez com que a FS-1 tivesse no somatório anual uma deposição tão expressiva quanto nas florestas mais desenvolvidas.

Comparando os dados de deposição de serapilheira com o diagrama climático do período de estudo (FIGURA 6), é possível perceber que os maiores valores de deposição coincidem com os meses de maior precipitação. A exceção foi o segundo pico de deposição, verificado em junho, que ocorreu predominantemente pela grande deposição de folhas, em especial de *Vochysia bifalcata*, o que pode representar a expressão de alguma característica fisiológica da espécie.

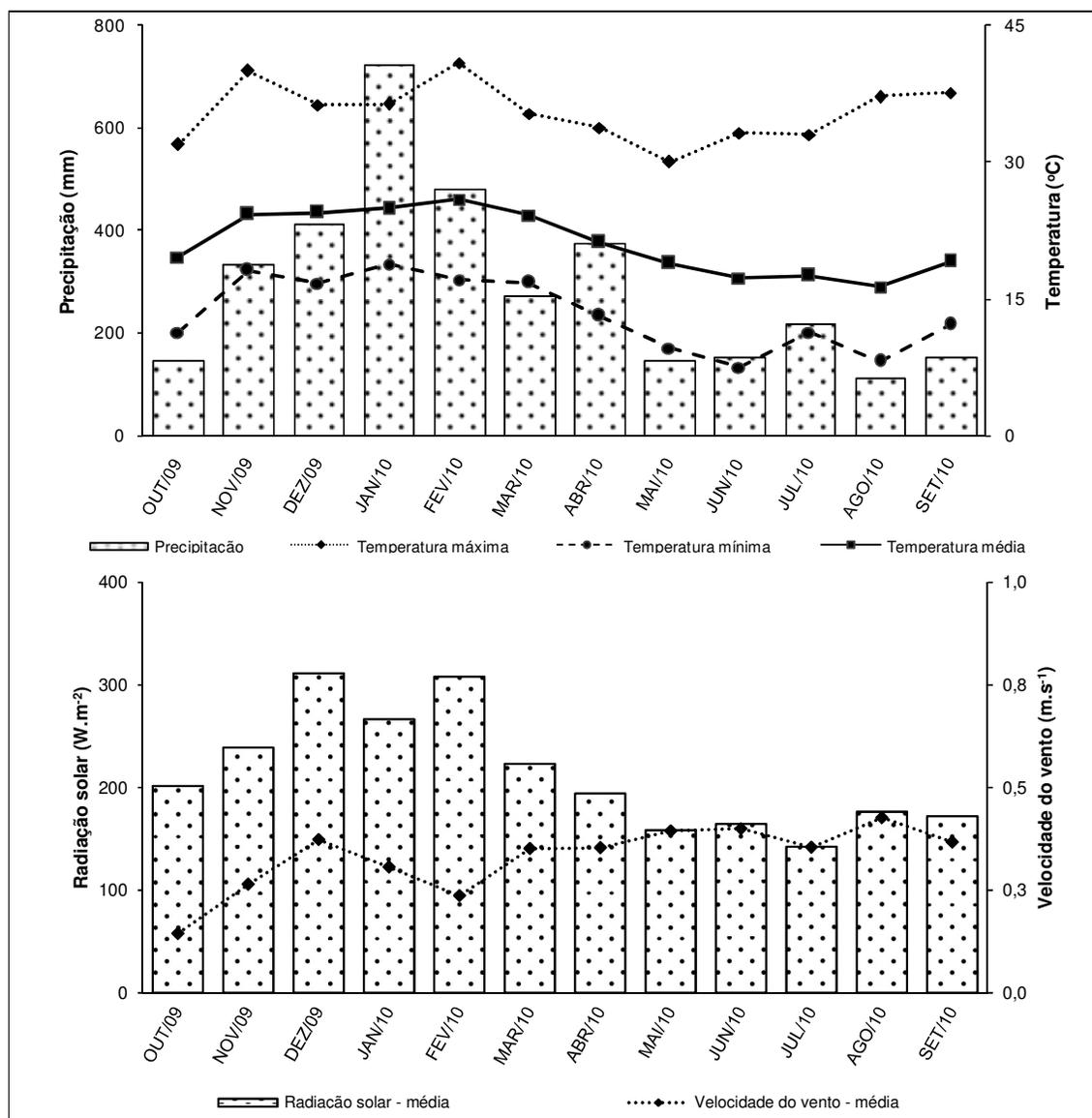


FIGURA 6 – DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO SIMEPAR DE ANTONINA, PR, REFERENTE AO PERÍODO DE ESTUDO

FONTE: O autor (2013)

Da mesma forma, as curvas de temperatura mínima, média e máxima também apresentaram comportamento semelhante à curva de deposição. A insolação média foi maior na primavera e verão, o que coincide com o período de maior deposição. A velocidade média do vento foi baixa em todos os meses, e não apresentou um padrão que pudesse ser caracterizado como tendência. No entanto, a média mensal de velocidade do vento pode mascarar algum evento mais pronunciado, como uma ventania, que pode ter influenciado diretamente a queda de serapilheira, principalmente folhas.

A correlação entre as variáveis meteorológicas do período de estudo e a deposição total de serapilheira nas três áreas de floresta secundária pode ser vista na TABELA 3. A correlação na FS-2 foi significativa para grande parte das variáveis, com exceção da temperatura máxima e da velocidade média do vento. Por outro lado, a FS-1 não foi correlacionada significativamente com nenhuma variável meteorológica, enquanto a FS-3 foi significativamente correlacionada com a temperatura (média e mínima), precipitação e radiação solar.

TABELA 3 – CORRELAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS MENSIS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS COM A DEPOSIÇÃO MENSAL EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Área	Temperatura			Precipitação acumulada	Radiação solar	Umidade do ar	Velocidade do vento
	Máxima	Média	Mínima				
FS-1	0,080	0,384	0,315	0,358	0,370	-0,221	-0,411
FS-2	0,471	0,764**	0,755**	0,644*	0,790**	-0,606*	-0,475
FS-3	0,322	0,609*	0,641*	0,692*	0,594*	-0,368	-0,555

\*Significativos a 5% de probabilidade, \*\*Significativo a 1% de probabilidade.

FONTE: O autor (2013)

Dentre as variáveis meteorológicas, a precipitação, a radiação solar e temperatura (média e mínima) obtiveram os maiores valores de correlação com a deposição total de serapilheira nas três áreas, sendo as correlações significativas para FS-2 e FS-3. A temperatura máxima e velocidade do vento não apresentaram correlação significativa com a deposição total de serapilheira em nenhuma das áreas. Já a umidade do ar apresentou correlação negativa significativa com a deposição de serapilheira apenas na FS-2.

Martins e Rodrigues (1999) encontraram correlação significativa da velocidade média do vento com a deposição total de serapilheira em floresta estacional, com valores superiores aos encontrados nesse estudo. Para a

precipitação, a correlação não foi significativa. Gomes *et al.* (2006) verificaram que a deposição total de serapilheira de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil) não teve correlação com a precipitação, insolação e temperatura, mas respondeu positivamente à velocidade do vento e negativamente à umidade do ar. Freire (2006), no entanto, não obteve nenhuma correlação significativa da deposição total de serapilheira com a precipitação em Floresta Atlântica, sendo os picos de deposição verificados nos períodos de menor precipitação.

A quantidade total de serapilheira depositada (TABELA 4) na FS-1 foi de 7722 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, na FS-2 foi de 7067 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e na FS-3 foi de 8091 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Apesar disso, a deposição média das três áreas não apresentou diferença estatística. Essa diferença na quantidade de serapilheira se deve em parte às diferenças na estrutura fitossociológica das áreas, sendo que, na floresta secundária menos desenvolvida, houve maior participação de folhas de espécies pioneiras, o que também foi verificado por Martins e Rodrigues (1999). Na floresta secundária mais desenvolvida, a fração galhos teve maior participação relativa na quantidade total de fitomassa depositada.

TABELA 4 – PRODUÇÃO TOTAL DE SERAPILHEIRA POR ESTAÇÃO EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Área de estudo	Deposição de serapilheira (kg.ha <sup>-1</sup> )					
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	TOTAL	MÉDIA
FS-1	2214,7	2503,8	1817,1	1186,3	7721,9	1930,5 a <sup>1</sup>
FS-2	2420,7	2412,6	1143,5	1090,4	7067,2	1766,8 a
FS-3	2722,2	2901,5	1308,5	1158,3	8090,5	2022,6 a
TOTAL	7357,7	7817,9	4269,0	3435,0		
MÉDIA	2452,5 a <sup>1</sup>	2606,0 a	1423,0 b	1145,0 b		

<sup>1</sup>Valores em linha e em coluna com mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

FONTE: O autor (2013)

Os resultados deste estudo são mais altos que os encontrados por Dickow (2010), em um trabalho semelhante realizado também na Reserva Natural do Rio Cachoeira, mas em outras parcelas de estudo. Uma das possíveis explicações está no fato de que no período do estudo supracitado, as médias de precipitação não superaram 2600 mm.ano<sup>-1</sup>, sem grandes picos de precipitação e deposição, e aparentemente sem nenhum evento meteorológico acentuado. Já no período deste estudo, a precipitação ultrapassou 3500 mm.ano<sup>-1</sup>, com dois picos bem definidos

que coincidiram com os períodos de maior deposição, sendo um destes picos caracterizado por uma precipitação mensal muito acima da média (mais de 700 mm em janeiro de 2010).

A deposição nas diferentes áreas de estudo varia em função da estação do ano (TABELA 4). As médias de deposição do verão e da primavera foram maiores e diferiram estatisticamente das médias de deposição do outono e inverno, que foram menores. Em geral, na primavera e no verão, a quantidade de serapilheira depositada foi maior na floresta secundária mais desenvolvida em relação às demais, sendo que no inverno, a deposição em todas as áreas foi semelhante. No entanto, no outono houve maior deposição na floresta secundária menos desenvolvida, o que se deve ao pico de deposição observado no mês de junho de 2010. Bizuti (2011) não verificou diferença estatística na produção e estoque de serapilheira entre as estações do ano em Floresta Atlântica, apesar de os valores na estação chuvosa terem sido maiores em relação à estação seca. Pinto (2001) verificou uma tendência de deposição nas estações quentes, fato atribuído em grande parte ao efeito mecânico do vento.

Os valores de deposição total de serapilheira para florestas secundárias, encontrados na literatura, são variados, de acordo com o ecossistema estudado. Em Floresta Estacional Decidual, variam entre  $7436 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  e  $9200 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  (KONIG *et al.*, 2002; VOGEL *et al.*, 2007). Em Floresta Ombrófila Mista, a deposição fica em torno de  $7737 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  (FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2003). Em Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme primária, na Amazônia, Silva (1984) obteve a deposição total de  $6657 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ . Em áreas de restinga não alterada, Pires *et al.* (2006) obtiveram deposição total de  $5080 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

Com relação às mudanças da quantidade de serapilheira depositada em área de diferentes fases de sucessão secundária, é possível perceber que há uma grande variação entre as fitofisionomias brasileiras (TABELA 5). Esses trabalhos apresentam resultados diversos, em se tratando de como a deposição de serapilheira desenvolve-se com o avanço da sucessão secundária, o que certamente está relacionado com as características ecológicas da vegetação e às condições edafoclimáticas de onde se desenvolvem. É possível perceber que, no caso de florestas estacionais, o pico de deposição ocorre geralmente no inverno ou primavera, coincidindo com o fim da estação seca. Já para florestas ombrófilas, esse

pico de deposição ocorre na primavera e verão, coincidindo com o período de maior precipitação e temperatura. A amplitude dos valores de deposição total também varia, sendo geralmente maior nas florestas estacionais.

O padrão temporal de deposição nos meses de maior precipitação, temperatura e fotoperíodo parece ser característica intrínseca das florestas ombrófilas, como afirmam vários autores (PINTO, 2001; MARTINS, 2004; DICKOW, 2010; MENEZES *et al.*, 2010), diferindo das florestas estacionais. Isso sugere que a ciclagem de fitomassa nas florestas estacionais é mais influenciada pelas características fisiológicas da vegetação, uma vez que está ligada a estímulos externos como diminuição do fotoperíodo ou períodos de déficit hídrico. Já em florestas ombrófilas, a dinâmica de deposição de serapilheira parece estar bastante relacionada às condições meteorológicas, especialmente a precipitação, temperatura e ocorrência de ventos, além de algum evento meteorológico atípico. Mas parece também ser uma estratégia evolutiva das plantas, no sentido de renovar suas folhas no período mais favorável ao crescimento, contribuindo assim para o retorno de nutrientes ao solo e para a sua disponibilização às plantas em crescimento.

TABELA 5 – VALORES ANUAIS DE DEPOSIÇÃO DE FITOMASSA EM FLORESTAS SECUNDÁRIAS DE DIFERENTES FITOFISIONOMIAS BRASILEIRAS

Fitofisionomia	Local	Solo	Clima (Koeppen)	Deposição nas fases (kg.ha <sup>-1</sup> )			Pico de deposição	Referência
				INI	MED	AVA		
FOD Aluvial	Guaraqueçaba, PR	Neossolo Flúvico e Cambissolo Hístico	Cfa - subtropical úmido	3071	6360	-	Primavera	SCHEER, 2006
FOD das Terras Baixas	Paranaguá, PR	Espodossolo	Af - tropical super úmido	5390	7617	6421	Verão	PINTO, 2001
FOD das Terras Baixas	Paranaguá, PR	Espodossolo Órtico Cárbico	Af - tropical super úmido	5340	8114	6900	Primavera	ROCHA, 2006
FOD	Capitão Poço, PA	Latossolo e Argissolo	Am - tropical chuvoso	8390	7880	8060	Primavera	HAYASHI, 2006
FOD?	Silva Jardim, RJ	Gleissolo	A'B2 – megatérmico úmido <sup>1</sup>	-	5479	6874	Verão	BARBOSA e FARIA, 2006
FOD Submontana	Antonina, PR	Cambissolo e Argissolo	Cfa - subtropical úmido mesotérmico	5021	5399	5323	Primavera	DICKOW, 2010
<b>FOD Submontana</b>	<b>Antonina, PR</b>	<b>Cambissolo e Argissolo</b>	<b>Cfa – subtropical úmido mesotérmico</b>	<b>7722</b>	<b>7067</b>	<b>8091</b>	<b>Verão</b>	<b>ESTE ESTUDO</b>
FOD Montana	Miguel Pereira, RJ	-	Am - subtropical úmido	13754	-	12466	Primavera	ALMEIDA, 2006
FMSD	Ouro Preto, MG	Litossolo	Cwb - subtropical moderado úmido	5090	6580	6780	Inverno	WERNECK <i>et al.</i> , 2001
FESD?	Pinheiral, RJ	Argissolo Vermelho- Amarelo álico	Cwa - temperado	10460	-	12970	Inverno	TOLEDO <i>et al.</i> , 2002
FESD	Viçosa, MG	-	Cwb - mesotérmico	6310	-	8820	Inverno e Primavera	PINTO <i>et al.</i> , 2008
FESD	Pinheiral, RJ	Cambissolo	Cwa - temperado; Am - tropical chuvoso	6584	7450	10970	Inverno e Primavera	MENEZES <i>et al.</i> , 2010

FOD = Floresta Ombrófila Densa; FMSM = Floresta Mesófila Semidecídua; FESD = Floresta Estacional Semidecidual; INI = florestas em início de sucessão secundária, menos desenvolvidas; MED = florestas em processo intermediário de sucessão secundária; AVA = florestas em processo avançado de sucessão secundária, mais desenvolvidas; <sup>1</sup>Segundo a classificação de Thornthwaite

FONTE: O autor (2013)

A produção de serapilheira em frações (TABELA 6) evidencia que a fração foliar foi responsável pela maior quantidade de deposição em todas as áreas, seguida pelos ramos, órgãos reprodutivos e restos. As folhas foram responsáveis por 74, 67 e 66% da deposição total de serapilheira na FS-1, FS-2 e FS-3, respectivamente. A deposição anual média da fração folhas foi estatisticamente superior às demais frações.

TABELA 6 – FITOMASSA DEPOSITADA NAS FRAÇÕES EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Frações	Deposição de serapilheira (kg.ha <sup>-1</sup> )				
	FS-1	FS-2	FS-3	TOTAL	MÉDIA
Folhas	5684,4	4753,9	5336,8	15775,1	5258,4 a <sup>1</sup>
Ramos e galhos	768,4	1042,6	1235,7	3046,7	1015,6 b
Órgãos reprodutivos	356,7	283,9	428,1	1068,7	356,2 b
Restos	912,4	986,8	1089,9	2989,0	996,3 b
<b>TOTAL</b>	<b>7721,9</b>	<b>7067,2</b>	<b>8090,5</b>		

<sup>1</sup>Valores em coluna com mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

FONTE: O autor (2013)

Segundo Silva (1984), as folhas são depositadas em grandes quantidades durante todo o ano, com picos pronunciados em certos períodos, que geralmente coincidem com os picos de precipitação, resultando em maior deposição, como pode ser visto na FIGURA 7. Os picos de deposição de folhas coincidem com os picos de deposição de serapilheira total, uma vez que essa fração é a mais abundante na fitomassa depositada.

Há uma tendência de diminuição na porcentagem de folhas na serapilheira depositada com o avanço do processo de sucessão secundária, com uma maior participação das outras frações, especialmente os ramos. Isso está relacionado à mudança da estrutura florística da vegetação, sendo que, à medida que a sucessão aumenta, a participação individual das espécies na quantidade total de serapilheira torna-se mais homogênea, com um maior número de espécies contribuindo em menores quantidades. Além disso, o avanço da sucessão secundária induz o estabelecimento de espécies longevas na estrutura da floresta, que geralmente possuem mais galhos finos para serem renovados, devido ao fechamento das copas e sombreamento dos fustes. Dessa forma, há uma maior deposição de ramos, como resposta à diminuição de luminosidade nos estratos inferiores da floresta. Há ainda

maior tendência de as árvores maduras frutificarem em maior quantidade que árvores em crescimento, aumentando assim a deposição de órgãos reprodutivos.

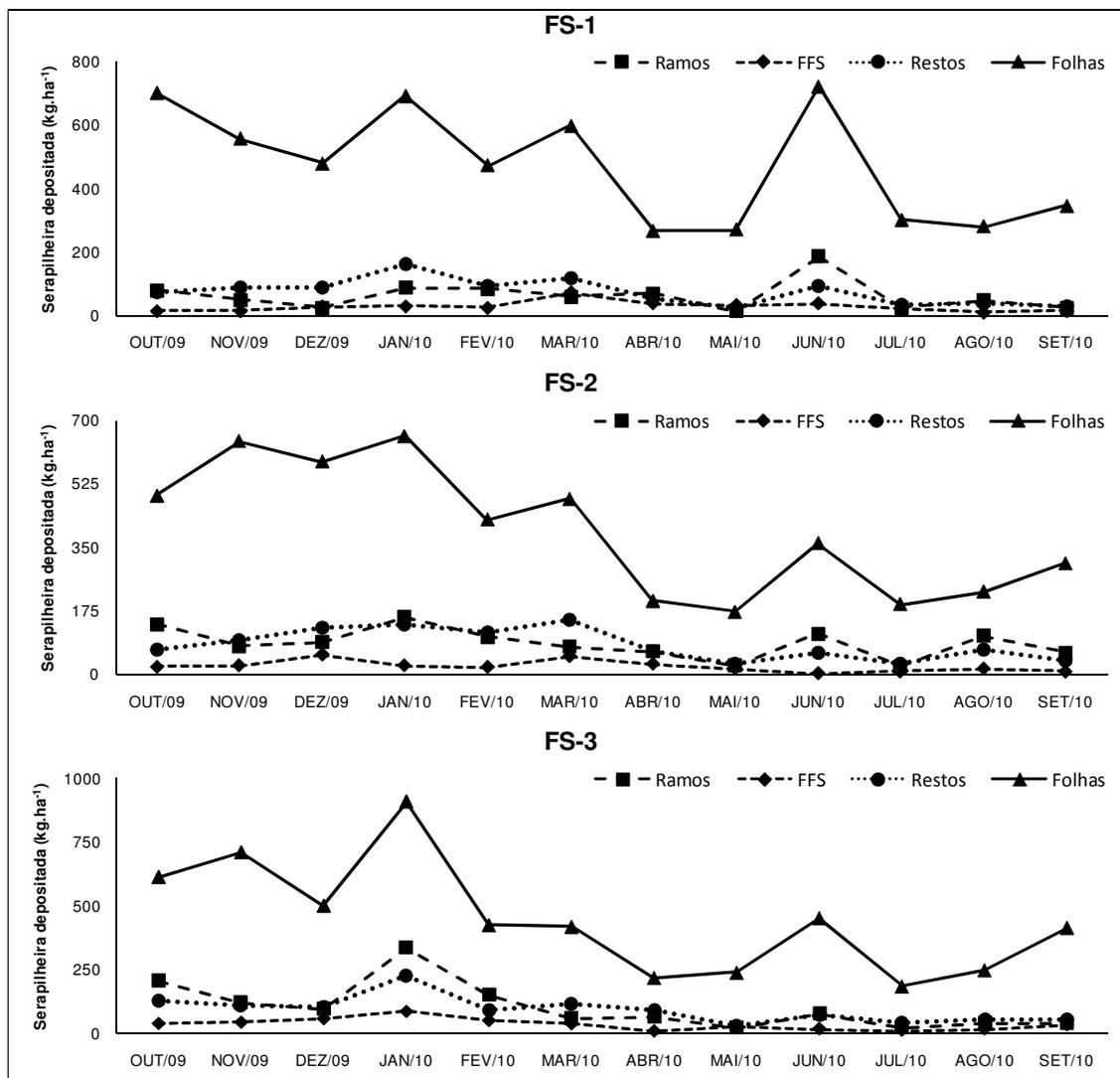


FIGURA 7 – VARIÇÃO MENSAL DA DEPOSIÇÃO DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DE FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA EM ANTONINA, PR. OS GRÁFICOS POSSUEM AMPLITUDES DIFERENTES  
 FONTE: O autor (2013)

A grande quantidade de fitomassa foliar, assim como a diminuição da importância relativa das folhas na deposição total de serapilheira com o avanço da sucessão secundária, está de acordo com a maioria dos trabalhos desenvolvidos em florestas tropicais (PINTO, 2001; PEZZATO e WISNIEWSKI, 2006; ROCHA, 2006; PAULA, PEREIRA e MENEZES, 2009; DICKOW, 2010).

A quantidade de folhas depositadas pelas espécies nas três áreas de floresta secundária (TABELA 7) mostra que algumas espécies foram responsáveis por consideráveis quantidades de serapilheira depositada. Na floresta secundária menos desenvolvida, a deposição ficou concentrada em três espécies: guaricica (*Vochysia bifalcata*), jacatirão (*Tibouchina pulchra*) e tabocuva (*Pera glabrata*), enquanto nas outras duas áreas a guaricica e a urucurana (*Hyeronima alchorneoides*) mostraram os maiores valores de deposição. Outras espécies contribuíram com quantidades menores, mas certamente importantes para o total de serapilheira depositada nas diferentes fases sucessionais.

TABELA 7 – FITOMASSA FOLIAR DEPOSITADA POR ESPÉCIES EM CADA TRÊS ÁREAS DE FLORESTA SECUNDÁRIA NA FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

FS-1	(kg.ha <sup>-1</sup> )	FS-2	(kg.ha <sup>-1</sup> )	FS-3	(kg.ha <sup>-1</sup> )
<i>Vochysia bifalcata</i>	1780,6	<i>Vochysia bifalcata</i>	485,7	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	748,1
<i>Tibouchina pulchra</i>	1013,1	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	351,1	<i>Vochysia bifalcata</i>	547,3
<i>Pera glabrata</i>	531,0	<i>Miconia sp.</i>	212,6	<i>Alchornea sp.</i>	248,0
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	267,2	<i>Myrcia pubipetala</i>	189,2	<i>Nectandra oppositifolia</i>	190,7
<i>Nectandra oppositifolia</i>	244,3	<i>Alchornea sp.</i>	134,4	<i>Cupania oblongifolia</i>	127,0
<i>Miconia sp.</i>	155,0	<i>Sloanea Guianensis</i>	132,5	<i>Casearia sp.</i>	124,5
<i>Cupania oblongifolia</i>	59,5	<i>Cupania oblongifolia</i>	123,0	<i>Sloanea guianensis</i>	97,2
<i>Myrsine ferruginea</i>	56,1	<i>Matayba guianensis</i>	80,7	<i>Pera glabrata</i>	89,4
		<i>Nectandra oppositifolia</i>	57,3	<i>Quiina glaziovii</i>	82,6
		<i>Casearia sp.</i>	54,1	<i>Matayba guianensis</i>	64,4
		<i>Pera glabrata</i>	51,8	<i>Myrcia pubipetala</i>	61,9
				<i>Psychotria nuda</i>	55,4
				<i>Miconia sp.</i>	51,9
Folhas Diversas	1577,6	Folhas Diversas	2881,5	Folhas Diversas	2848,4

FONTE: O autor (2013)

A fração folhas diversas foi relativamente alta quando comparada a deposição das espécies selecionadas, especialmente na floresta secundária intermediária e na

floresta secundária mais desenvolvida, correspondendo a 41% e 35% do total de serapilheira depositada, respectivamente. Essa elevada quantidade de folhas diversas deve-se ao maior número de espécies nessas áreas, especialmente na área intermediária, onde foram encontrados os índices de diversidade mais altos.

Houve boa correlação entre os parâmetros fitossociológicos da vegetação (TABELA 1) e a deposição total de serapilheira na floresta secundária menos desenvolvida, sendo que 7 das 8 espécies selecionadas estão entre as 10 com maior Valor de Importância (a exceção foi a *Nectandra oppositifolia*). *Vochysia bifalcata* dominou tanto os Valores de Importância e de Cobertura quanto a deposição total. Por outro lado, *Casearia sp.* teve uma deposição muito baixa e não foi considerada, embora tenha sido a terceira espécie com maior Valor de Importância.

Na floresta secundária intermediária, *Hyeronima alchorneoides* obteve o maior Valor de Importância, provavelmente por sua alta dominância, porém a maior densidade foi de indivíduos de *Psychotria mapouriodes*, espécie frequente e bastante significativa nos estratos inferiores da floresta, em termos de parâmetros fitossociológicos. No entanto, essa espécie sequer foi considerada durante o fracionamento pelo fato de que suas folhas não possuem características que facilitem a identificação. Em geral, não foi verificada a mesma ordem do Valor de Importância e deposição total, sendo que algumas espécies com altos valores fitossociológicos não foram selecionadas por não depositarem quantidades suficientes ou por não terem sido fracionadas.

Da mesma forma, também não houve boa relação na ordem de deposição de serapilheira com o Valor de Importância das espécies na floresta secundária mais desenvolvida, sendo que algumas, como *Euterpe edulis* e *Psychotria mapouriodes*, não foram amostradas nos coletores, porém tiveram Valor de Importância consideráveis. Algumas espécies, como é o caso de *Casearia sp.* e *Psychotria nuda*, que são as espécies com maior Valor de Importância na floresta secundária mais desenvolvida, pouco acrescentaram na quantidade total de serapilheira depositada. Uma explicação para isso é o fato de que as folhas destas duas espécies são pequenas, leves e tenras, reduzindo o seu volume e encolhendo no processo de secagem, o que dificulta a sua separação. Além disso, essas espécies são mais comuns no sub-bosque, sendo o alto Valor de Importância ocasionado pelo elevado

número de pequenos indivíduos, com área basal relativamente baixa. No entanto, sua contribuição é considerável, em termos de ciclagem de fitomassa e nutrientes, sendo que caberiam estudos mais aprofundados acerca dessas espécies.

Outra explicação para a baixa deposição de serapilheira de algumas espécies pode estar relacionada à sua distribuição espacial. Como os coletores de serapilheira foram alocados de forma sistemática, é possível que os indivíduos de algumas espécies estejam agrupados nas áreas onde os coletores não foram instalados. Esse é um tipo de erro característico da amostragem sistemática. Além disso, a baixa deposição pode estar ligada às características ecológicas e morfológicas dessas espécies. Algumas espécies, como o palmito (*Euterpe edulis*), possuem folhas relativamente grandes, e que dificilmente ficam armazenadas nos coletores por ocasião da deposição. Além disso, as folhas de algumas espécies são de difícil distinção durante o processo de fracionamento da serapilheira, sendo classificadas na fração folhas diversas. Isso se deve ao fato de que a serapilheira fica alguns dias depositada nos coletores, sujeita à ação do tempo, das condições meteorológicas e até mesmo de fauna, provocando perdas, descaracterizando e até mesmo ocorrendo decomposição de parte desse material. Muitas vezes, as folhas são descaracterizadas a tal ponto que sua identificação fica inviabilizada.

É interessante notar a diferença na dinâmica de deposição de algumas espécies frente ao desenvolvimento da floresta (FIGURA 8). *Hyeronima alchorneoides* e *Cupania oblongifolia* aumentam a deposição relativa das folhas com nas florestas mais desenvolvidas, o que mostra que estas espécies podem ser consideradas secundárias tolerantes à sombra, sendo inclusive mais importantes, em termos de parâmetros fitossociológicos, na fase avançada. O mesmo acontece com *Casearia sp.* e *Alchornea sp.*, apesar de que estas últimas não tiveram deposição considerada na floresta secundária menos desenvolvida. Para as espécies *Hyeronima alchorneoides* e *Alchornea sp.*, Dickow (2010) observou um padrão um pouco diferente, com maior deposição de folhas na fase média em relação à floresta secundária mais desenvolvida. Isto provavelmente deve-se às diferenças da composição florística e da estrutura das fases médias dos diferentes estudos.

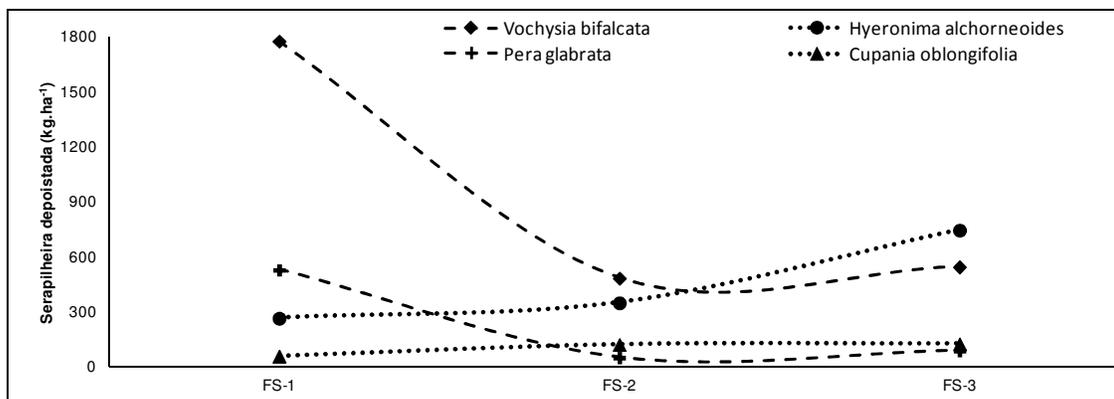


FIGURA 8 – DINÂMICA DE DEPOSIÇÃO FOLIAR DE ALGUMAS ESPÉCIES EM FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

FONTE: O autor (2013)

Entretanto, *Vochysia bifalcata* diminuiu a quantidade relativa de serapilheira depositada à medida que aumentou a idade da floresta. Da mesma forma, houve diminuição da densidade, com menor número de indivíduos de maiores dimensões, o que resultou numa dominância relativamente alta. O mesmo comportamento pode ser verificado para *Pera glabrata*, porém em menor amplitude. No caso de *Tibouchina pulchra* isso é mais evidente, pois a espécie depositou grandes quantidades na floresta secundária menos desenvolvida, porém nas outras áreas praticamente não contribuiu para o depósito de fitomassa. Isso mostra que essas espécies pioneiras exigentes em luz vão sendo sistematicamente substituídas por outras ecologicamente mais adaptadas às condições ambientais existentes, a medida que a estrutura da floresta vai se diferenciando e ficando mais complexa. Outras espécies que ocorreram nas diferentes fases sucessionais, como *Nectandra oppositifolia* e *Miconia sp.*, não apresentam um comportamento padrão em função do avanço da idade da floresta secundária.

O padrão temporal de deposição de folhas, em geral, foi semelhante à curva de deposição total, acompanhando os picos de deposição. Na floresta secundária menos desenvolvida (FIGURA 9), os picos de deposição de serapilheira coincidiram com os picos de deposição total, para a maior parte das espécies. Os maiores valores de deposição foram verificados entre os meses de janeiro e março (verão), à exceção do pico verificado no mês de junho, que provavelmente está ligado a algum evento climático atípico.

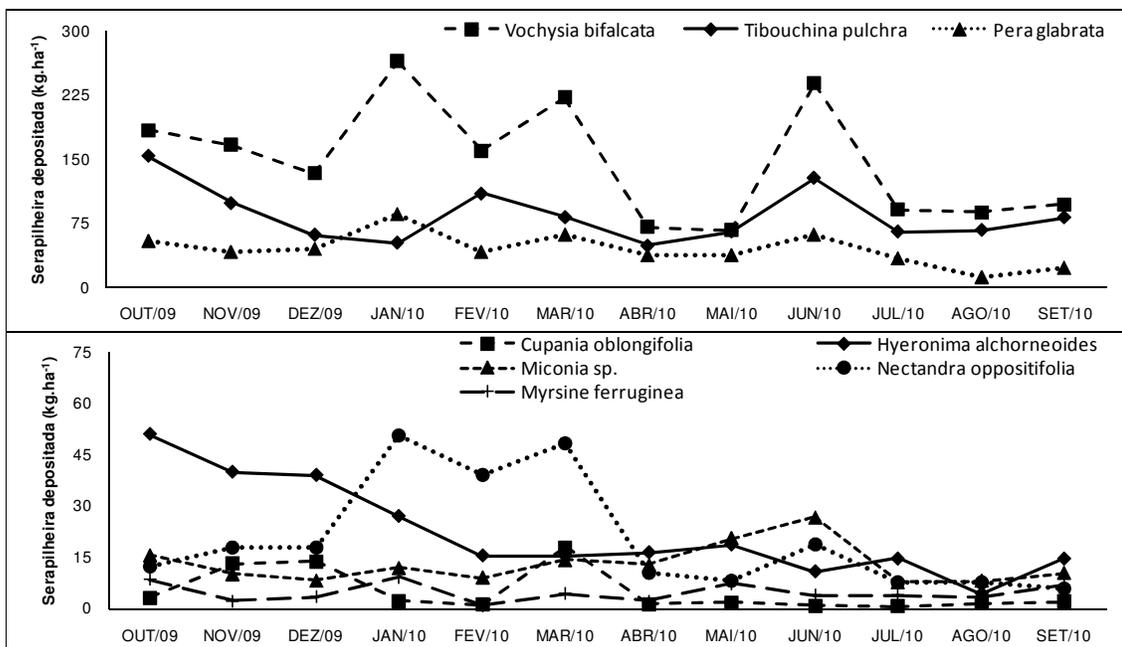


FIGURA 9 – VARIÇÃO MENSAL DA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DA FLORESTA SECUNDÁRIA MENOS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR. OS GRÁFICOS POSSUEM AMPLITUDES DIFERENTES

FONTE: O autor (2013)

No geral, *Vochysia bifalcata*, *Tibouchina pulchra* e *Pera glabrata* se destacaram das demais espécies em quantidade de folhas depositada no período. *Nectandra oppositifolia* também apresentou pico de deposição semelhante às demais espécies, porém com valores inferiores. Já *Hyeronima alchorneoides* mostrou um padrão diferente com os maiores valores de deposição na primavera (outubro a dezembro).

Na floresta secundária intermediária (FIGURA 10), os picos de deposição das espécies foram nos meses de novembro a março (primavera e verão), sendo que a amplitude desses picos foi relativamente baixa em comparação à floresta secundária menos desenvolvida, alcançando um pico máximo de 76,7 kg.ha<sup>-1</sup> para *Hyeronima alchorneoides* no mês de janeiro. Além desta, *Vochysia bifalcata* apresentou valores acima das demais espécies. A espécie *Cupania oblongifolia* também apresentou um pico de deposição no mês de dezembro, sendo que dos meses de abril em diante as espécies mostraram padrões bem semelhantes, com pouca deposição.

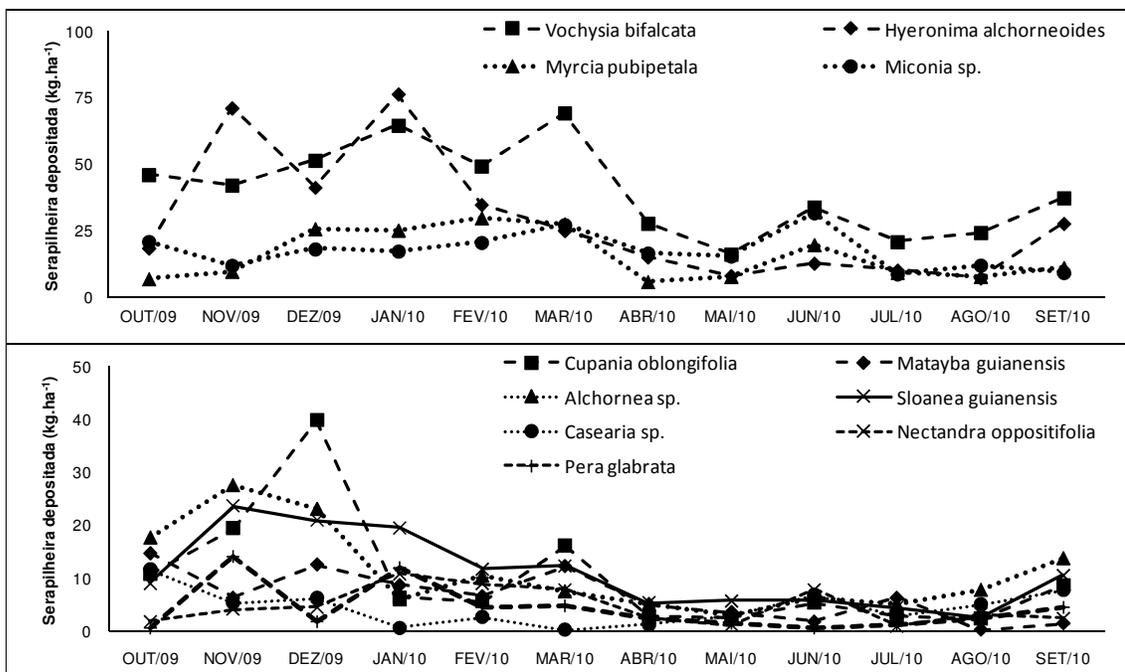


FIGURA 10 – VARIÇÃO MENSAL DA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DA FLORESTA SECUNDÁRIA INTERMEDIÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA EM ANTONINA, PR. OS GRÁFICOS POSSUEM AMPLITUDES DIFERENTES

FONTE: O autor (2013)

Já para floresta secundária mais desenvolvida (FIGURA 11), como citado anteriormente, a deposição foi mais equilibrada entre as espécies, sendo verificado um pico mais expressivo no mês de novembro por *Hyeronima alchorneoides*, que foi a espécie que se destacou das demais em quantidade de serapilheira depositada. Pinto (2001) observou a mesma tendência, relacionando-a à estrutura fitossociológica desta fase sucessional, onde não ocorre uma espécie que predomine sobre as outras. Apesar de as quantidades depositadas serem menores, o padrão de maiores valores na primavera e no verão se repetiu, conforme observado na floresta secundária intermediária.

Os picos de deposição de serapilheira foliar de grande parte das espécies observados nesse estudo coincidem com os períodos de maior precipitação, temperatura e insolação (primavera e, especialmente, verão). Esses resultados também foram verificados em outros estudos na Floresta Atlântica no Paraná (PINTO, 2001; ROCHA, 2006; DICKOW, 2010).

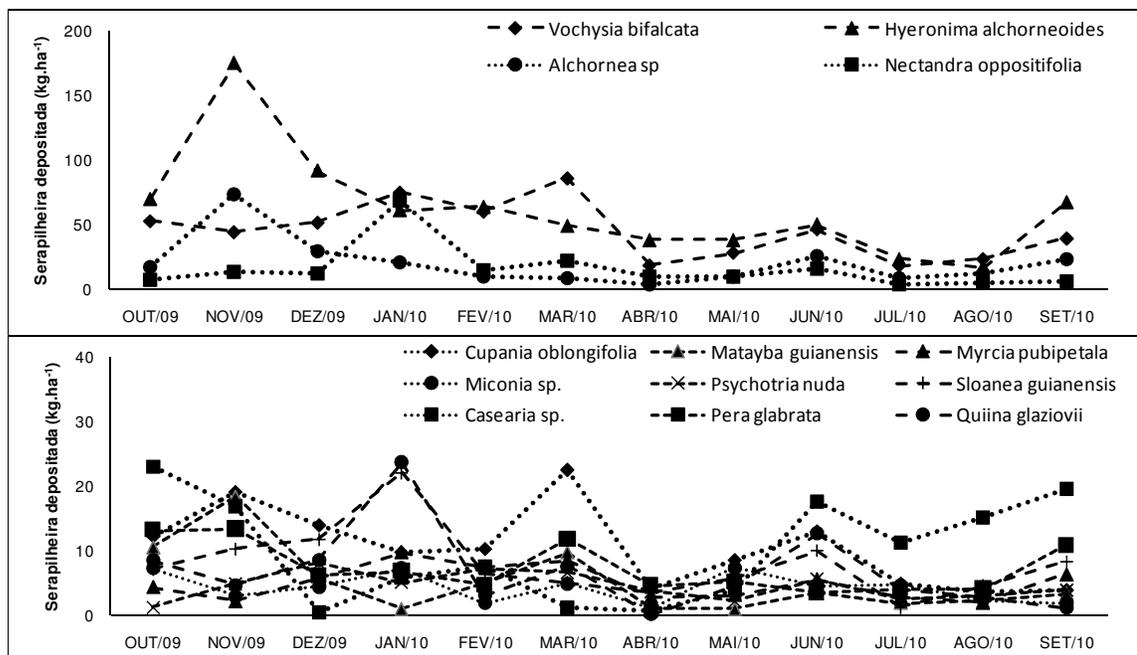


FIGURA 11 – VARIÇÃO MENSAL DA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DA FLORESTA SECUNDÁRIA MAIS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA EM ANTONINA – PR. OS GRÁFICOS POSSUEM AMPLITUDES DIFERENTES

FONTE: O autor (2013)

#### 4 CONCLUSÕES

A deposição total de serapilheira variou pouco entre as diferentes formações secundárias da Floresta Atlântica sob estudo, provavelmente devido às pequenas diferenças estruturais entre elas, apesar das diferenças em composição florística e parâmetros fitossociológicos.

A fração folhas foi a mais abundante na serapilheira total nas três áreas; no entanto, a sua proporção diminuiu com o avanço da sucessão, devido ao aumento da quantidade depositada de galhos.

A dinâmica temporal de deposição, tanto para serapilheira total, quanto para as frações e para as folhas de algumas espécies, coincidiram, em grande parte, com a curva da precipitação acumulada, sendo que os picos de deposição foram verificados nos meses de maior precipitação e temperaturas mais elevadas, mostrando a influência climática no processo de deposição.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. T. S. **Deposição de serrapilheira em áreas de diferentes estádios de regeneração em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Montana em Miguel Pereira-RJ.** Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006. 40 f.

BARBOSA, J. H. C.; FARIA S. M.. Aporte de serrapilheira ao solo em estágio sucessionais florestais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguesia**, v.57, n.3, p.461-476. 2006.

BIZUTI, D. T. G. **Ciclagem do fósforo em Floresta Densa dos Núcleos de Picinguaba e Santa Virgínia – SP.** Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011. 113p.

BRITEZ, R. M.; SANTOS FILHO, A.; REISSMANN, C. B.; SILVA, S. M.; ATHAYDE, S. F.; LIMA, R. X.; QUADROS, R. M.B. Nutrientes no solo de duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 625-634, 1997.

CALVI, G. P.; PEREIRA, M. G.; ESPÍNDULA JÚNIOR, A. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes em áreas de floresta atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 131-138, 2009.

CORLETT, R. T. What is secondary forest? **Journal of Tropical Ecology**, n.10, p.445-447, 1994.

DICKOW, K. M. C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. 215 f.

FIGUEIREDO FILHO, A., MORAES, G. F., SCHAAL, L. B., FIGUEIREDO, D. J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, n.1, p.11-18, 2003.

FREIRE, M. Chuva de sementes, **banco de sementes do solo e deposição de serapilheira como bioindicadores ambientais no bioma Mata Atlântica,**

**Teresópolis, RJ.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural Do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006. 81 f.

GIÁCOMO, R. Guimarães. **Fitossociologia, aporte de serapilheira, estoques de carbono e nitrogênio em diferentes formações vegetais na Estação Ecológica de Pirapitinga–MG.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009. 144 f.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I. & DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida.** Tradução: Eurípedes Malavolta. São Paulo: EPU/EDUSP, 1978. 256p.

GOMES, S. R. ; MAURENZA, D.; LOPES, M. I. M. S.; PINTO, M. M. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes ao solo em arboreto de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) em Mogi-Guaçu, São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, v. 33, p. 339-347, 2006.

HAYASHI, S. N. (2007). **Dinâmica da serapilheira em uma cronosequência de florestas no município de Capitão Poço – PA.** Dissertação (Mestrado em Botânica Tropical) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belem, 2006. 61p.

KÖNIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J., SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta Estacional Decidual no município de Santa Maria – RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p. 429-435, 2002.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, p.405-412, 1999.

MARTINS, K. G. **Deposição e decomposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas sobre solos hidromórficos na estação ecológica da Ilha do Mel - PR.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004. 126.

MENEZES, C. E. G.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; ANJOS, L. H. C.; PAULA, R. R.; SOUZA, M. E. Aporte e decomposição de serapilheira e produção de biomassa radicular em floresta com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, v.20, n.3, p.439-452, 2010.

NEVES, E. J. M.; MARTINS, E. G.; REISSMANN, C. B. Deposição de serapilheira e de nutrientes de duas espécies da Amazônia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.43, p.47-60, 2001.

ODUM, E. P. 1988. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara. 434p.

PAULA, R. R., PEREIRA, M. G., MENEZES, L. F. T. Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na Ilha da Marambaia, RJ. **Ciência Florestal**, v.19, p.139-148, 2009.

PEZZATO, A. W.; WISNIEWSKI, C. Produção de serapilheira em diferentes seres sucessionais da Floresta Estacional Semidecidual no oeste do Paraná. **Revista Floresta**, v.36, n.1, p.111-120, 2006.

PINTO, C. B. **Contribuição de espécies arbóreas para a ciclagem de nutrientes em sucessão vegetal na Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001. 68f.

PINTO, C. B., MARQUES, R. Aporte de nutrientes por frações da serapilheira em sucessão ecológica de um ecossistema da Floresta Atlântica. **Revista Floresta**, v.33, n.3, p.257-264, 2003.

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.32, n.3, p.545-556, 2008.

PIRES, L. A.; BRITZ, R. M.; MARTEL, G.; PAGANO, S. N. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 173-184. 2006.

ROCHA, A. A. **Deposição de fitomassa e nutrientes, acumulação e decomposição de serapilheira em três tipologias da Floresta Atlântica, Paranaguá, PR**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 113 f.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, v.23, n.4, p.29-39, out/dez. 2007.

SCHEER, M. B. **Ciclagem de nutrientes em um trecho de Floresta Ombrófila Densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba, PR.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 155 f.

SILVA, M. F. F. Produção anual de serapilheira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme, Tucuruí-PA. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v.1, n.1/2, p.111-158, 1984.

TOLEDO, L. O. PEREIRA, M. G. MENEZES, C. E. G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.2, p.9-16, 2002.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, E. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

VOGEL, H. M., SCHUMACHER, M. V., TRÜBY, P., VUADEN, E. Avaliação da devolução de serapilheira em uma floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.17, n.3, p.187-196, jul./set. 2007.

WERNECK, M. S., PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto-MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.24, n.2, p.195-198, jun.2001.

## CAPÍTULO II

### BIOELEMENTOS EM FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA EM DIFERENTES FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSE SUBMONTANA DO LITORAL DO PARANÁ

#### RESUMO

A ciclagem de nutrientes em florestas tropicais é um evento de extrema importância para a sua manutenção, uma vez que essas florestas geralmente se desenvolvem sob solos quimicamente pobres, e por meio da deposição de serapilheira, parte dos nutrientes retorna ao solo. Nesse sentido, esse trabalho teve por objetivo avaliar a composição em bioelementos da serapilheira depositada em diferentes formações secundárias da Floresta Ombrófila Densa Submontana, Antonina, PR. Para isso, foram realizadas coletas mensais de serapilheira depositada, entre outubro de 2009 e setembro de 2010, em três parcelas de estudo: floresta secundária menos desenvolvida (FS-1), floresta secundária intermediária (FS-2) e floresta secundária mais desenvolvida (FS-3). A serapilheira foi separada nas frações ramos, órgãos reprodutivos, restos e folhas. Da fração folhas, uma nova triagem foi realizada, para separar as folhas das espécies conhecidas, sendo as demais classificadas como folhas diversas. Em seguida, foi determinado o peso seco das amostras de serapilheira (frações e espécies), e foi realizada a análise química de C, N, P, K, Ca e Mg, Cu, Mn, Fe, Zn e Na nas diferentes frações e nas folhas de algumas espécies. Para concentração da maioria dos macro e micronutrientes e Na, o arranjo fatorial mostrou que há interação significativa entre as frações e as estações do ano. O teor de N aumentou com a sucessão, para a maioria das frações e espécies, o que consequentemente diminuiu a relação C/N. Alguns padrões se repetiram nas frações das três áreas, como maior concentração de K e menor de Mn e Fe nos órgãos reprodutivos, e maiores teores de P nos ramos e de Mg nas folhas diversas. O teor de Na foi elevado na floresta secundária intermediária, devido à exposição da parcela aos ventos vindos do mar. Na comparação entre áreas, percebe-se que a concentração de grande parte dos elementos aumentou nas florestas mais desenvolvidas, devido em parte à maior concentração desses elementos nos tecidos das plantas destas florestas. A quantidade anual de nutrientes que retorna ao solo via serapilheira apresentou sequência  $N > Ca > Mg > K > Na > P$ , com a mesma variação temporal verificada para a deposição. Destaca-se a importância de algumas espécies de sub-bosque para a ciclagem de N, como a *Psychotria nuda*, indicando que estas espécies merecem ser objeto de estudos mais detalhados.

Palavras-chave: Floresta Atlântica. Serapilheira. Ciclagem de nutrientes.

## 1 INTRODUÇÃO

Os nutrientes minerais presentes no solo são classificados, conforme as quantidades exigidas pelas plantas, em macronutrientes e micronutrientes (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Os macronutrientes são absorvidos em maior quantidade, pois estão relacionados a vários processos e estruturas vegetais. Já os micronutrientes são exigidos em quantidades mínimas, pelo fato de não participarem de estruturas da planta, mas da constituição de enzimas ou então atuar como seus ativadores (DECHEN e NACHTIGALL, 2006). Além destes, existem alguns elementos, como o sódio (Na) que são considerados benéficos, pois, apesar de não serem essenciais, podem ajudar a promover o crescimento das plantas, compensar ou substituir outros elementos em algumas de suas funções nutricionais (FERNANDES, 2006).

A ciclagem de nutrientes é um fenômeno presente em todos os ecossistemas vegetais, em maior ou menor escala. Segundo Odum (1988), no caso das florestas tropicais, geralmente estabelecidas sob um substrato quimicamente pobre, esse evento cíclico assume extrema importância para a manutenção do equilíbrio e funcionalidade desses ecossistemas. Esta ciclagem se dá principalmente pela liberação dos bioelementos presentes na serapilheira por processos de lixiviação e decomposição. Quantidades significativas de nutrientes podem retornar ao solo pela queda de componentes senescentes da parte aérea de plantas e sua posterior decomposição (TOLEDO, PEREIRA e MENEZES, 2002). Na floresta tropical pluvial, a serapilheira se decompõe mais rápido que em qualquer outro bioma (TOWNSEND, BEGON e HARPER, 2006).

A ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais tem sido amplamente estudada, com o intuito de se obter maior conhecimento da dinâmica dos nutrientes nestes ambientes, não só para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas, mas também buscando informações para o estabelecimento de práticas de manejo florestal para recuperação de áreas degradadas e manutenção da produtividade do sítio degradado em recuperação. Vários autores afirmam a importância de conhecer a dinâmica de ciclagem de nutrientes da Floresta Atlântica e seus ecossistemas associados como forma de auxiliar na preservação dos remanescentes e recuperação das áreas degradadas (MARTINS, 2004; PROTIL, 2006). No entanto, de maior relevância do que a simples acumulação quantitativa é o processo de

mineralização do material orgânico responsável pela liberação de nutrientes para o solo (SOUZA e DAVIDE, 2001).

Muitos fatores influenciam a dinâmica de ciclagem dos nutrientes, dentre os quais a estrutura da floresta parece ser o mais importante. A concentração e o conteúdo de nutrientes na serapilheira variam em função do tipo de solo, da vegetação, da densidade populacional, da habilidade da espécie em absorver, utilizar e redistribuir os nutrientes, do habitat natural e da idade das árvores (NEVES, MARTINS e REISSMANN, 2001). Cada tipo de formação vegetal possui um padrão na distribuição do aporte de serapilheira ao longo do ano, que pode ser influenciado por diversos fatores como a fenologia das espécies presentes, clima e posição no relevo (GIACOMO, 2009).

Considerando o processo de sucessão ecológica, a liberação de nutrientes é diferenciada em função das espécies que compõem uma determinada fase de desenvolvimento da floresta (PINTO, 2001). Assim, à medida que a floresta secundária aumenta sua idade, sua estrutura torna-se mais complexa, o que condiciona uma diferenciação no processo de deposição de serapilheira e consequente liberação de nutrientes.

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a composição e o estoque dos bioelementos em diversas frações da serapilheira depositada em três áreas de florestas secundárias em Floresta Ombrófila Densa Submontana de diferentes idades, no município de Antonina, litoral do Paraná. As hipóteses deste trabalho são as seguintes: a) o teor de nutrientes apresenta variações entre as frações da serapilheira, e também entre as estações do ano para as diferentes frações; b) uma mesma espécie e uma mesma fração de serapilheira podem mostrar teores de nutrientes variáveis de acordo com o avanço da sucessão; c) a quantidade de bioelementos devolvidos ao solo pela serapilheira deve ter a mesma tendência observada para a deposição de fitomassa, uma vez que as variações nas concentrações dos nutrientes não são muito grandes entre as frações, espécies e estações do ano.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 COLETA DA SERAPILHEIRA

As coletas foram realizadas mensalmente entre outubro de 2009 e setembro de 2010, nas florestas secundárias com diferentes estruturas e composição florística: floresta secundária menos desenvolvida (FS-1), floresta secundária intermediária (FS-2) e floresta secundária mais desenvolvida (FS-3). Cada parcela possui área de 1 hectare, subdivida em 100 subparcelas de 100 m<sup>2</sup>, conforme FIGURA 12.

Os coletores, feitos de PVC, com 1 m<sup>2</sup> de área e tela de nylon de 2 mm, foram sistematicamente alocados no centro das 25 subparcelas selecionadas. Em cada coleta, a serapilheira foi recolhida dos coletores e acondicionada em sacos plásticos, sendo devidamente identificada, e posteriormente processadas no Laboratório de Biogeoquímica – LBg, da Universidade Federal do Paraná.

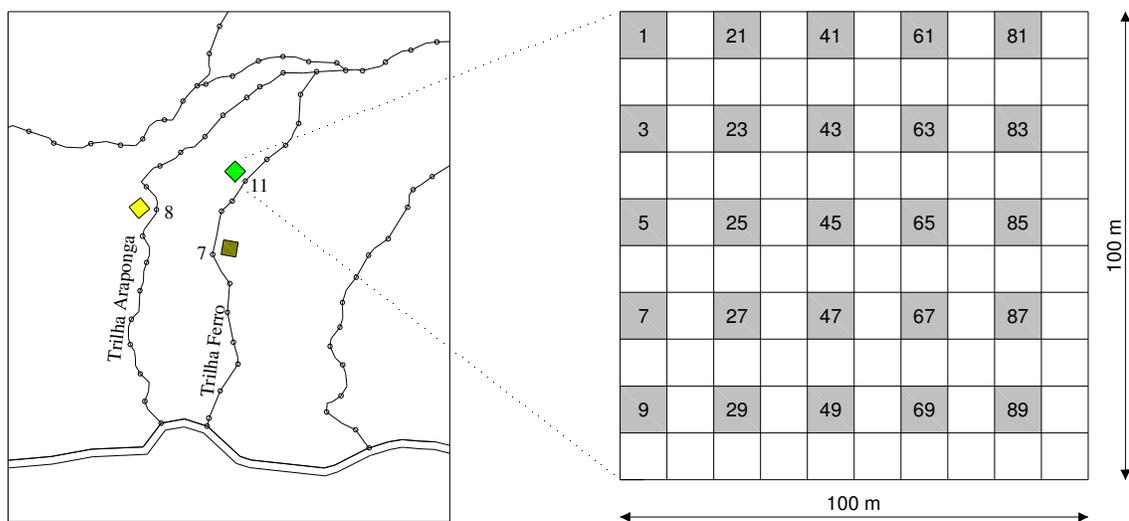


FIGURA 12 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS COLETORES DE SERAPILHEIRA NAS SUBPARCELAS

FONTE: O autor (2013)

### 2.2 PROCESSAMENTO DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA

No Laboratório, as amostras foram separadas nas seguintes frações: **folhas, ramos e galhos** (inferiores a 2 mm de diâmetro), **órgãos reprodutivos** (flores, frutos e sementes) e **restos**. Na fração restos foram incluídas todas as partículas de material depositado que, durante o processo de triagem, não foram enquadrados em nenhuma das outras categorias, desde fragmentos de folhas e ramos até restos de insetos.

A fração folhas foi separada de acordo com a espécie, e aquelas não identificadas foram classificadas como **folhas diversas**. Em uma primeira triagem foi selecionado um número grande de espécies, as quais foram pesadas separadamente. Para este trabalho, a seleção das espécies seguiu dois critérios. O primeiro critério estipulado foi que as espécies deveriam depositar material foliar todos os meses do ano, em quantidade suficiente para as análises químicas. O segundo critério foi que somente as espécies com deposição maior que 120 g de material foliar por ano seriam selecionadas. Para a seleção, as espécies deveriam atender os dois requisitos, sendo que as demais foram agrupadas na fração folhas diversas.

Após a triagem, o material foi acondicionado em sacos de papel e seco em estufa a  $60 \pm 2^\circ\text{C}$ , até atingir peso constante. Em seguida, foi pesado em balança de precisão de 0,02 g, de acordo com cada coletor e fração. Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas e moídas em moinho de facas e seguiram para análise química.

Para compor as repetições das análises químicas, das fração e das espécies, foram utilizadas amostras compostas com material depositado em cada mês da estação, como pode ser visto na FIGURA 13. O material depositado em cada mês foi dividido em três partes. As repetições (das estações) foram compostas por um terço da serapilheira depositada em cada mês, caracterizando uma amostra composta (repetição). A vantagem de usar amostras compostas e não simplesmente o mês como repetição, está no fato de que pode haver grande variação de nutrientes na serapilheira depositada nos meses da estação, o que seria prejudicial para as análises estatísticas. Assim, ao usarmos amostras compostas por uma porção de serapilheira depositada em cada mês, essa variação é minimizada, sendo maximizada a variação nutricional entre as estações do ano. Para o arranjo das

amostras compostas, foi respeitada a proporção de material depositado em cada mês, sendo que os meses de maior deposição contribuíram com mais serapilheira na composição das amostras.

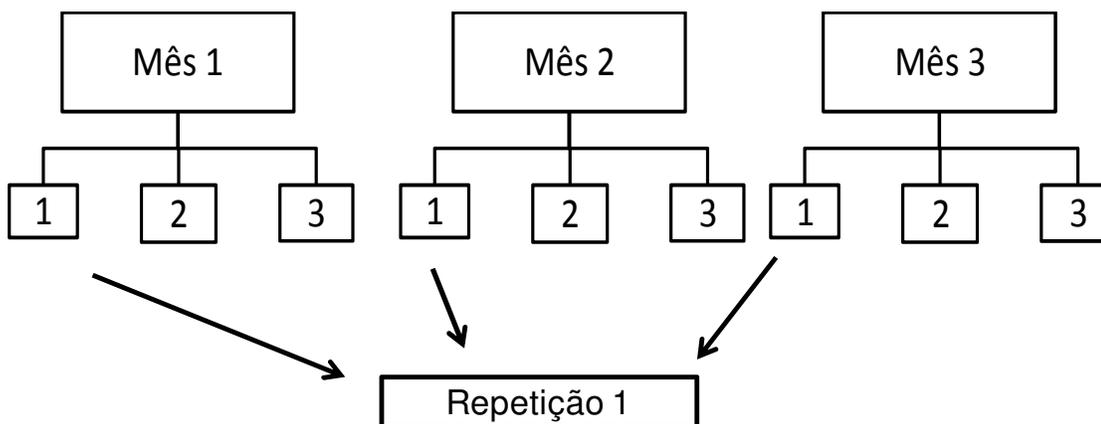


FIGURA 13 – ARRANJO DAS AMOSTRAS COMPOSTAS DE SERAPILHEIRA  
 FONTE: O autor (2013)

## 2.3 ANÁLISES QUÍMICAS

Para as análises químicas dos macronutrientes (P, K, Ca e Mg), micronutrientes (Cu, Mn, Fe e Zn) e Na foi realizado o processo de digestão via seca. O princípio desse processo baseia-se na queima da matéria orgânica resultando em cinza solúvel a ser diluída em ácido, geralmente clorídrico (MARTINS e REISSMANN, 2007). A metodologia utilizada em laboratório baseia-se no trabalho destes autores citados.

Cerca de 1,0 g de cada amostra de serapilheira foi colocada para queima em cadinhos de porcelana, que foram incinerados em mufla a 500 °C por aproximadamente 3 horas e requeimados por igual período, após a adição de 3 gotas de HCl 3 mol.L<sup>-1</sup>. Após a queima e resfriamento das amostras, foi acrescentado 10 mL de HCl em cada cadinho, sendo aquecido em chapa de aquecimento. Posteriormente, o conteúdo de cada cadinho foi filtrado para balão volumétrico de 100 mL, sendo completado o volume do balão com água deionizada. As amostras foram então acondicionadas em potes plásticos.

O teor de P foi determinado por colorimetria em espectrofotômetro UV/VIS Shimadzu. Os teores de Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica AA 6200 Shimadzu. Os teores de K e Na foram determinados por emissão em fotômetro de chama NK-2000 Digimed.

Para a análise química dos elementos C e N e relação C/N, utilizou-se a combustão em analisador elementar da marca ELEMENTAR, modelo Vario EL II. Esse equipamento baseia-se no princípio da transformação térmica de substâncias orgânicas por meio de combustão, resultando em produtos gasosos que são mensuráveis. Para a análise, foi utilizado cerca de 15 mg de material moído de cada fração e espécie.

A quantidade de nutrientes depositada por meio da serapilheira em cada sítio foi obtida por meio da multiplicação dos valores dos teores pela quantidade de fitomassa depositada.

## 2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados gerados foram avaliados estatisticamente no software Assistat. Primeiramente, foi testada a homogeneidade das variâncias dos tratamentos utilizando o teste de Bartlett. Uma vez verificada a normalidade, os dados foram submetidos à ANOVA e, em seguida, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, com probabilidade de 95%. Para os tratamentos cujas variâncias não eram homogêneas, os dados foram transformados (raiz quadrada, logaritmo).

Para avaliar a diferença dos teores de macronutrientes (P, K, Ca e Mg), micronutrientes (Cu, Mn, Fe e Zn) e Na entre as frações e estações do ano, foi utilizado o arranjo fatorial, composto por dois fatores (fração x estação) e 3 repetições em cada tratamento. Para as espécies, foi usado delineamento inteiramente casualizado, considerando os meses do ano como repetição. Para o teor de C e N, bem como a relação C/N, as frações e espécies foram comparadas entre si utilizando o delineamento estatístico considerado inteiramente casualizado, usando como repetições as estações do ano.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA DEPOSITADA

##### 3.1.1 Carbono e Nitrogênio

A concentração de C, N e relação C/N variaram de acordo com as frações de serapilheira (TABELA 8). Os teores de C variaram entre 439,6 g.kg<sup>-1</sup> nos restos da FS-1 e 465,1 g.kg<sup>-1</sup> nos ramos da FS-2. Já os valores de N nas frações de serapilheira variaram de 10,9 g.kg<sup>-1</sup> para os ramos na FS-1 até 22,2 g.kg<sup>-1</sup> para a fração restos na FS-3. E a relação C/N variou entre 20,3 para os restos na FS-3 e 41,6 nos ramos da FS-1. Com relação às espécies (TABELA 9), os valores de C variaram de 395,3 até 499,6 g.kg<sup>-1</sup> enquanto o teor de N oscilou entre 12,5 e 30 g.kg<sup>-1</sup> e a relação C/N variou de 14,6 até 38,2.

TABELA 8 – CONCENTRAÇÃO DE C, N E RELAÇÃO C/N DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DE TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Área	Frações	Concentração (g.kg <sup>-1</sup> )		Relação C/N
		C	N	
FS-1	Ramos	449,39 a <sup>1</sup>	10,87 b	41,56 a
	Órgãos reprodutivos	456,46 a	15,94 a	29,59 b
	Restos	439,62 a	18,99 a	23,20 c
	Folhas Diversas	455,20 a	17,84 a	25,53 bc
FS-2	Ramos	465,10 a <sup>1</sup>	12,61 b	36,91 a
	Órgãos reprodutivos	453,83 a	19,49 a	23,73 b
	Restos	453,45 a	20,42 a	22,22 b
	Folhas Diversas	444,71 a	18,22 a	24,44 b
FS-3	Ramos	440,48 b <sup>1</sup>	14,12 c	31,48 a
	Órgãos reprodutivos	463,32 a	18,66 b	25,09 b
	Restos	449,90 ab	22,16 a	20,32 c
	Folhas Diversas	456,57 a	20,96 ab	21,79 bc

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra em coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

FONTE: O autor (2013)

TABELA 9 – CONCENTRAÇÃO DE C, N E RELAÇÃO C/N NAS FOLHAS DE ALGUMAS ESPÉCIES DE TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Área	Espécies	Concentração (g.kg <sup>-1</sup> )		Relação C/N
		C	N	
FS-1	<i>Cupania oblongifolia</i>	479,30 ab <sup>1</sup>	17,60 a	27,25 c
	<i>Vochysia bifalcata</i>	407,67 d	13,86 b	29,66 bc
	<i>Hyeronima alchorneiodes</i>	476,22 ab	13,01 b	36,74 a
	<i>Miconia sp.</i>	427,15 cd	13,97 b	30,60 bc
	<i>Tibouchina pulchra</i>	435,69 c	13,99 b	31,20 bc
	<i>Nectandra oppositifolia</i>	472,99 ab	13,73 b	34,75 ab
	<i>Pera glabrata</i>	467,22 b	12,84 b	36,52 a
	<i>Myrsine ferruginea</i>	497,38 a	13,02 b	38,23 a
	MÉDIA	457,95	14,00	33,12
FS-2	<i>Cupania oblongifolia</i>	484,90 ab <sup>1</sup>	20,59 b	23,57 c
	<i>Vochysia bifalcata</i>	413,34 c	14,04 cd	29,46 b
	<i>Hyeronima alchorneiodes</i>	474,83 ab	13,52 cd	35,17 a
	<i>Myrcia pubipetala</i>	435,20 bc	12,51 d	34,89 a
	<i>Matayba guianensis</i>	499,59 a	14,53 cd	34,53 a
	<i>Miconia sp.</i>	449,22 bc	13,00 cd	34,58 a
	<i>Alchornea sp.</i>	477,23 ab	26,94 a	17,86 d
	<i>Casearia sp.</i>	444,66 bc	27,66 a	16,08 d
	<i>Sloanea guianensis</i>	461,20 abc	16,56 c	28,04 b
	<i>Nectandra oppositifolia</i>	482,53 ab	15,45 cd	31,36 ab
	<i>Pera glabrata</i>	449,98 abc	13,33 cd	33,80 a
	MÉDIA	461,15	17,10	29,03
FS-3	<i>Cupania oblongifolia</i>	477,56 a <sup>1</sup>	22,32 c	21,42 ef
	<i>Vochysia bifalcata</i>	413,98 d	15,46 de	26,98 bcd
	<i>Hyeronima alchorneiodes</i>	474,94 a	15,28 de	31,66 abc
	<i>Myrcia pubipetala</i>	443,31 c	13,52 e	32,86 a
	<i>Matayba guianensis</i>	475,15 a	15,63 de	30,43 abcd
	<i>Miconia sp.</i>	464,31 ab	14,39 de	32,31 ab
	<i>Alchornea sp.</i>	464,18 ab	25,81 bc	18,03 fg
	<i>Casearia sp.</i>	462,10 ab	29,96 a	15,50 g
	<i>Sloanea guianensis</i>	454,45 bc	17,88 d	25,71 de
	<i>Nectandra oppositifolia</i>	473,60 a	14,63 de	32,38 a
	<i>Pera glabrata</i>	467,33 ab	14,78 de	31,64 abc
	<i>Psychotria nuda</i>	395,33 e	27,12 ab	14,61 g
	<i>Quiina glaziovii</i>	471,83 ab	17,68 d	26,76 cde
	MÉDIA	456,77	18,80	26,18

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra em coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

FONTE: O autor (2013)

Para o C, a fração ramos apresentou concentração estatisticamente menor na FS-3, enquanto a fração órgãos reprodutivos mostrou os maiores teores, apesar de não diferir estatisticamente das demais. Na FS-1 e FS-2, os teores de C se mostraram similares nas diferentes frações. A concentração de N na fração ramos foi estatisticamente menor em todas as áreas, enquanto a fração restos apresentou os maiores teores, apesar de não diferir estatisticamente das folhas diversas e órgãos reprodutivos. A menor concentração de N na fração ramos em todas as parcelas está relacionada ao fato de o material ser mais lenhoso, com teores normalmente mais baixos deste nutriente.

Semelhante às frações, o teor de N nas folhas das espécies selecionadas (TABELA 9) aumentou com o avanço da sucessão. *Cupania oblingifolia* foi a espécie com menor relação C/N na FS-1, o que está relacionado com o alto teor de N da espécie, que foi estatisticamente superior. Na FS-3, foi superada por outras espécies que apresentaram teores relativamente altos de N, como *Casearia sp.*, *Alchornea sp.* e *Psychotria nuda*. As espécies, em geral, apresentaram teores de N mais elevados que as frações, como *Casearia sp.*, com concentração de  $30 \text{ g.kg}^{-1}$ . Esses resultados são superiores aos encontrados por Pinto (2001) nas folhas de espécies de restinga e por Dickow (2010) para espécies de Floresta Ombrófila Densa Submontana.

*Psychotria nuda* apresentou elevada concentração de N em suas folhas, com  $27,1 \text{ g.kg}^{-1}$ . Alguns autores afirmam que algumas plantas do gênero *Psychotria* possuem a capacidade de fixar simbioticamente o nitrogênio atmosférico, associando-se com bactérias fixadoras de nitrogênio, que penetram nas folhas desenvolvendo pequenos nódulos foliares (ARAUJO e HUNGRIA, 1994; GERMANO FILHO, 1999), o que explica o elevado teor de N nas folhas desta espécie.

A relação C/N nas três áreas foi menor na fração restos, apesar de não ter diferido estatisticamente das frações órgãos reprodutivos e folhas diversas na FS-3. Por outro lado, a fração ramos foi superior às demais em todas as áreas, como resultado do menor teor de N nessa fração. A relação C/N foi maior no começo da sucessão, decrescendo com o aumento da idade da floresta, para a maior parte das frações, à exceção dos órgãos reprodutivos, que teve um pequeno aumento na floresta secundária mais desenvolvida em relação à floresta secundária intermediária. Isso se deve ao fato de ter havido um incremento na concentração de N com aumento da idade da floresta, para todas as frações.

A capacidade de decomposição pode ser estimada pela relação C/N, sendo que uma relação estreita favorece a mineralização e a humificação (ANDRAE, 1978). Como o teor de C nas espécies varia em baixa amplitude, o aumento do teor de N discrimina melhor a variação nessa relação. Na FS-3, *Psychotria nuda* e *Casearia sp.* apresentaram os menores valores de relação C/N, principalmente pelo elevado teor de N presente nas folhas. Isso mostra o quão importante são essas espécies para a dinâmica desses nutrientes, principalmente se considerarmos o fato de que essas espécies apresentam grande importância fitossociológica, dominando amplamente o sub-bosque das florestas em estudo.

A FIGURA 14 mostra a variação estacional na concentração de C, N e relação C/N. A fração ramos apresenta relação C/N superior às demais em todas as estações, principalmente devido à menor concentração de N. Para o N, houve aumento na concentração das frações órgãos reprodutivos e restos, no verão, na floresta menos desenvolvida, enquanto os ramos e folhas diversas mostraram pouca variação estacional. Na floresta secundária intermediária, as frações folhas e órgãos reprodutivos apresentaram menores valores no inverno, sendo que as outras frações não apresentaram variação com a estação. Na floresta secundária mais desenvolvida, houve uma tendência de aumento do teor de N nas frações órgãos reprodutivos, restos e folhas diversas na primavera, enquanto a fração ramos apresentou comportamento contrário, com maiores valores no inverno.

A maior concentração de N na estação chuvosa pode ser uma resposta ao acúmulo de material orgânico sobre o solo nos meses de menor precipitação, com sua posterior liberação e absorção pelas plantas nos meses mais quentes e com maior precipitação, favorecendo o crescimento das plantas, conforme foi verificado por Neves, Martins e Reissmann (2001) e Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005).

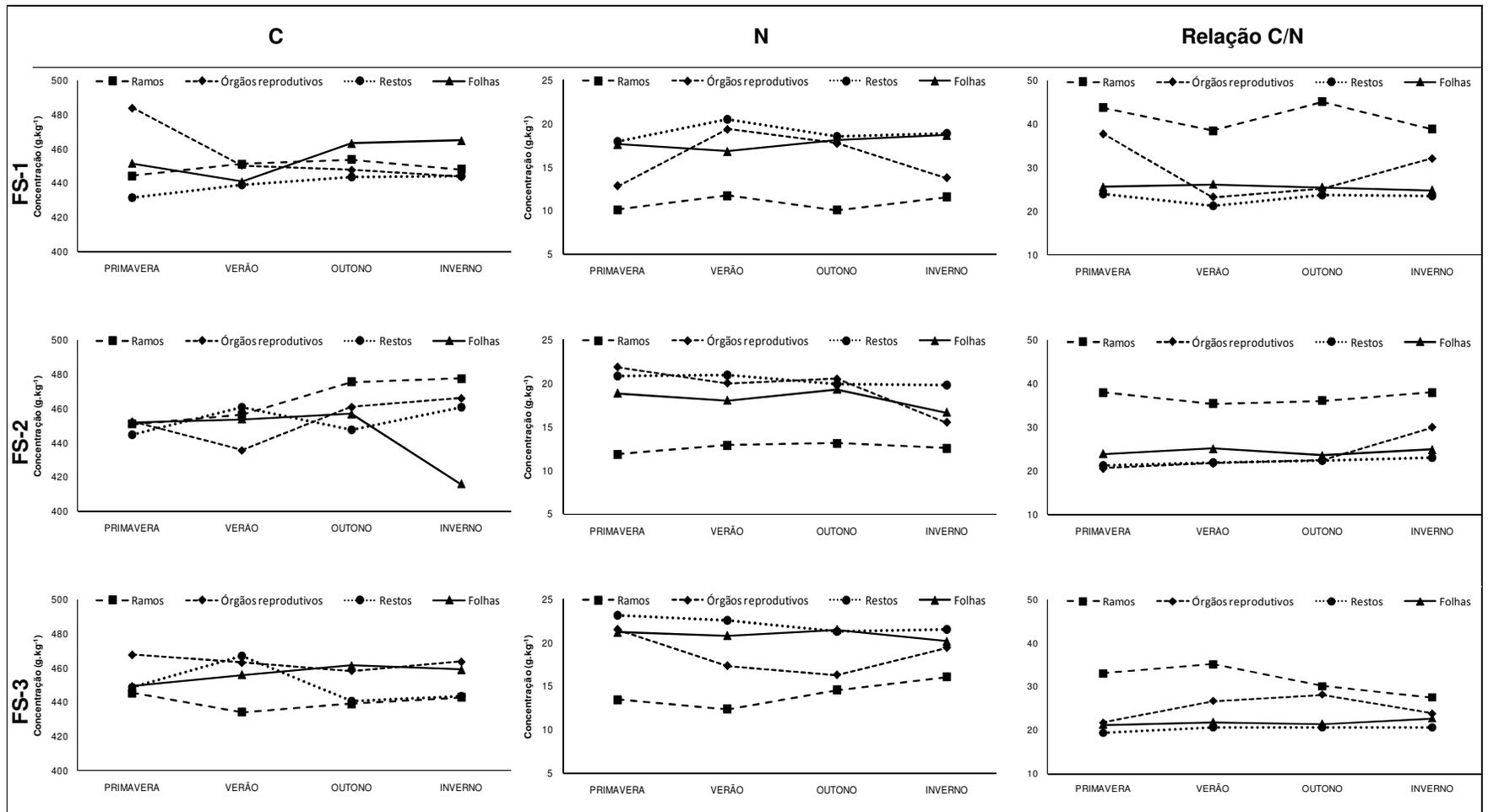


FIGURA 14 – COMPARAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE C, N E RELAÇÃO C/N DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DE TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSE SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

FONTE: O autor (2013)

## 3.1.2 Macronutrientes e Sódio

Na floresta secundária menos desenvolvida (TABELA 10), os nutrientes P, K e Ca mostram interação significativa entre os fatores, indicando que a concentração desses nutrientes nas frações varia em função das estações do ano. Para o Mg e Na não houve interação significativa, o que indicia que o padrão de concentração destes nutrientes nas frações de serapilheira não foi influenciado pelas estações do ano.

TABELA 10 – CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E NA NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA MENOS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Frações	Concentração de nutrientes (g.kg <sup>-1</sup> )					
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	MÉDIA	
P	Ramos	0,44 bC <sup>1</sup>	0,44 bB	0,39 bC	0,58 aC	0,46 C <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	0,75 bB	0,93 aA	0,95 aA	1,05 aA	0,92 A
	Restos	0,90 aA	1,02 aA	0,95 aA	1,03 aA	0,97 A
	Folhas diversas	0,73 aB	0,54 bB	0,79 aB	0,83 aB	0,72 B
K	Ramos	1,23 aC <sup>1</sup>	1,40 aB	1,36 aC	1,53 aC	1,38 C <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	2,92 bA	1,99 cA	2,96 bA	5,36 aA	3,31 A
	Restos	1,83 aB	2,03 aA	1,96 aB	1,83 aBC	1,91 B
	Folhas diversas	1,63 bB	1,96 abA	2,26 aB	1,97 abB	1,95 B
Ca	Ramos	2,67 aB <sup>1</sup>	2,50 aB	2,45 aC	3,14 aB	2,69 C <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	3,02 abB	3,12 aB	3,09 abBC	2,37 bC	2,90 C
	Restos	5,26 abA	4,78 abA	4,66 bA	5,43 aA	5,04 A
	Folhas diversas	4,58 aA	4,52 aA	3,44 bB	3,71 bB	4,06 B
Mg <sup>ns</sup>	Ramos	2,02	2,03	1,75	2,33	2,03 C <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	1,87	2,29	2,08	2,22	2,11 C
	Restos	2,99	3,24	3,07	3,06	3,09 B
	Folhas diversas	3,51	3,70	3,56	4,00	3,69 A
Na <sup>ns</sup>	Ramos	0,70	0,40	0,50	0,60	0,55 B <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	0,93	0,43	0,43	0,50	0,57 B
	Restos	0,83	0,51	0,56	0,70	0,65 B
	Folhas diversas	0,90	0,70	0,90	0,97	0,86 A

<sup>1</sup>Médias internas seguidas pela mesma letra minúscula em linha e letra maiúscula em coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

<sup>2</sup>Médias externas (média das frações) com mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

<sup>ns</sup>Interação não significativa

FONTE: O autor (2013)

Analisando as médias anuais, não houve diferença entre os teores de P para restos e órgãos reprodutivos, sendo ambas superiores às demais frações. A

concentração de K nas estruturas reprodutivas foi superior às demais. Para Mg e Na, os maiores teores foram observados nas folhas, enquanto para Ca o maior valor foi encontrado na fração restos. Dickow (2010) também observou elevados teores deste nutriente na fração restos, atribuindo os valores ao fato desse elemento ser menos móvel na planta, que por sua função estrutural, demora mais para ser liberado dos tecidos durante o processo de decomposição da serapilheira.

As concentrações dos nutrientes em todas as estações apresentaram os menores valores nos ramos. Os menores teores de P para todas as frações foram verificadas no outono e inverno. A fração restos apresentou o maior teor de Ca em todas as estações, porém sem diferença estatística das folhas diversas na primavera e verão.

Para o K, as frações ramos e restos não tiveram diferenças estatísticas entre as estações, enquanto os órgãos reprodutivos apresentaram maior teor no inverno. As folhas diversas apresentaram os maiores teores de K no outono, apesar de não diferirem estaticamente do verão e inverno. Fernandes *et al.* (2006) encontraram resultados semelhantes, como os maiores valores de P e K no material depositado no inverno em floresta nativa em regeneração.

Na floresta secundária intermediária (TABELA 11) houve interação significativa entre as frações e as estações do ano para todos os macronutrientes. As concentrações médias anuais de P e K foram estatisticamente maiores na fração órgãos reprodutivos, enquanto os teores de Ca, Mg e Na foram maiores na fração folhas diversas, em relação às demais. Esse padrão se repetiu em todas as estações, com exceção do Mg e Na na primavera, que não apresentaram diferenças estatísticas entre as frações.

Com exceção das folhas diversas, houve menor concentração de P no inverno para todas as frações. Já o K possui comportamento contrário, com maiores valores de concentração em todas as frações no outono e inverno. Para o Ca, em todas as estações do ano, a fração órgãos reprodutivos apresentou os menores valores. Houve pouca variação entre as estações para o Ca, exceto para os restos, com menor valor no outono. A concentração de Mg, semelhante ao P, foi menor na fração ramos em todas as estações. Tanto para o Mg quanto no Na, a fração folhas diversas apresentou os maiores teores, apesar de não diferir estatisticamente das outras frações.

TABELA 11 – CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E NA NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA INTERMEDIÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Fração	Concentração de nutrientes (g.kg <sup>-1</sup> )					
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	MÉDIA	
P	Ramos	0,38 abC <sup>1</sup>	0,40 aD	0,31 abC	0,23 bB	0,33 D <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	1,10 aA	1,14 aA	1,08 aA	0,72 bA	1,01 A
	Restos	0,86 aB	0,79 abB	0,73 abB	0,64 bA	0,75 B
	Folhas diversas	0,52 aC	0,56 aC	0,58 aB	0,58 aA	0,56 C
K	Ramos	1,20 aC <sup>1</sup>	0,70 bC	1,20 aC	1,56 aB	1,16 C <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	2,20 bA	2,30 bA	3,12 aA	3,55 aA	2,79 A
	Restos	1,73 aB	0,77 bC	1,66 aB	1,66 aB	1,46 B
	Folhas diversas	1,70 aB	1,33 aB	1,70 aB	1,76 aB	1,62 B
Ca	Ramos	3,18 aB <sup>1</sup>	3,96 aAB	2,91 aB	4,02 aA	3,51 C <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	2,68 aB	3,33 aB	3,24 aB	2,24 aB	2,87 C
	Restos	5,68 aA	4,55 abAB	3,52 bB	4,52 abA	4,57 B
	Folhas diversas	5,99 aA	5,12 aA	5,14 aA	4,97 aA	5,30 A
Mg	Ramos	2,16 abC	2,29 aB	1,66 bC	1,97 abB	2,02 C <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	3,20 aB	3,03 abA	3,32 aAB	2,56 bB	3,03 B
	Restos	4,20 aA	3,50 bA	2,80 cB	3,72 abA	3,56 A
	Folhas diversas	3,99 aA	3,58 aA	3,84 aA	3,85 aA	3,82 A
Na	Ramos	1,20 aA <sup>1</sup>	0,70 bA	0,80 bB	0,80 bB	0,87 B <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	1,27 aA	0,73 bA	1,06 aAB	1,10 aA	1,04 A
	Restos	1,20 aA	0,76 cA	0,90 bcB	1,16 abA	1,00 AB
	Folhas diversas	1,13 aA	0,80 bA	1,30 aA	1,33 aA	1,14 A

<sup>1</sup>Médias internas seguidas pela mesma letra minúscula em linha e letra maiúscula em coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

<sup>2</sup>Médias externas (média das frações) com mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

FONTE: O autor (2013)

Na floresta secundária mais desenvolvida (TABELA 12), houve interação significativa entre as estações do ano e as frações, para os teores de todos os macronutrientes. As médias anuais mostram maiores teores de K e Na nos órgãos reprodutivos, enquanto o P foi mais concentrado na fração restos. Para o Ca e Mg, as folhas tiveram os maiores valores destes nutrientes.

As maiores concentrações de P em todas as frações foram verificadas no inverno, o que difere do padrão encontrado nas outras áreas. Em geral, todas as frações apresentaram maior concentração de nutrientes no inverno. No entanto, não houve diferenças estacionais na concentração de K, Mg e Na para as frações restos e folhas diversas, enquanto os órgãos reprodutivos, restos e folhas diversas não

apresentaram variação estacional na concentração de Mg. A fração ramos apresentou menores valores de concentração para grande parte dos nutrientes em todas as estações. A exceção foi o Ca, com menor concentração na fração órgãos reprodutivos.

TABELA 12 – CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E NA NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA MAIS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR.

Fração	Concentração de nutrientes (g.kg <sup>-1</sup> )					
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	MÉDIA	
P	Ramos	0,44 bC <sup>1</sup>	0,22 cC	0,28 cC	0,66 aC	0,40 D <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	0,93 bA	0,73 cB	0,74 cB	1,26 aA	0,91 B
	Restos	0,98 bA	1,02 abA	0,95 bA	1,20 aA	1,04 A
	Folhas diversas	0,71 bB	0,64 bB	0,60 bB	0,91aB	0,72 C
K	Ramos	1,29 bC <sup>1</sup>	1,03 bB	1,26 bB	1,86 aB	1,36 C <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	2,96 bA	2,26 cA	3,26 bA	5,68 aA	3,54 A
	Restos	2,30 aB	1,86 aA	1,80 aB	2,13 aB	2,02 B
	Folhas diversas	1,89 aB	1,86 aA	1,60 aB	1,70 aB	1,76 B
Ca	Ramos	4,51 bC <sup>1</sup>	4,27 bB	4,59 bB	5,58 aA	4,74 C <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	2,69 bD	3,14 abC	3,71 aC	3,14 abB	3,17 D
	Restos	5,44 aB	5,13 aAB	5,52 aA	5,50 aA	5,40 B
	Folhas diversas	6,69 aA	5,99 abA	5,55 bA	6,08 abA	6,08 A
Mg	Ramos	1,91 bC <sup>1</sup>	1,93 bC	2,27 abB	2,66 aB	2,19 D <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	2,68 aB	2,71 aB	2,30 aB	2,21 aB	2,47 C
	Restos	3,50 aA	3,06 aAB	3,21 aA	3,34 aA	3,28 B
	Folhas diversas	3,78 aA	3,40 aA	3,38 aA	3,81 aA	3,59 A
Na	Ramos	0,66 abB <sup>1</sup>	0,40 cB	0,50 bcC	0,86 aAB	0,61 C <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	0,86 abAB	0,70 bA	1,03 aA	1,03 aA	0,91 A
	Restos	0,83 aAB	0,63 aA	0,73 aB	0,80 aB	0,75 B
	Folhas diversas	0,93 aA	0,83 aA	0,73 aB	0,90 aAB	0,85 AB

<sup>1</sup>Médias internas seguidas pela mesma letra minúscula em linha e letra maiúscula em coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>Médias externas (média das frações) com mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FONTE: O autor (2013)

Em alguns casos, as frações restos, órgãos reprodutivos e folhas diversas não diferiram estatisticamente entre si. Isso pode estar relacionado à grande variabilidade das mesmas, em especial da fração restos, que é formada basicamente pelas demais frações, em função do manejo do material depositado e da decomposição da serapilheira durante o período ao qual ficou depositada nos coletores. Da mesma forma, foi verificado que, em alguns meses, houve grande

deposição de órgãos reprodutivos, especialmente sementes pequenas, que por suas dimensões não foram separadas dos restos, o que tornou as duas frações quimicamente semelhantes.

Em todas as áreas de floresta secundária, a concentração de macronutrientes nas frações apresentou a sequência N>Ca>Mg>K>Na>P, com exceções, especialmente para o P e o Na em algumas frações. Rocha (2006) observou a mesma ordem de concentração de nutrientes. Porém, essa sequência pode variar de acordo com a fisionomia em questão, devido suas características ecológicas. Martins (2004) obteve a sequência Ca>N>Mg>K>Na>P em florestas de restinga, sendo que a autora atribui o elevado teor de Ca devido à alta concentração deste nutriente no solo e à facilidade de absorção pelas plantas, associado à entrada via aerossol marinho. Pinto e Marques (2003) encontraram a sequência N>Ca>Mg>K>Al>P>Na em área de restinga no litoral do Paraná.

Segundo Hinkel (2002), a diferença de concentração para P e N verificadas em diversos estudos em florestas tropicais deve-se a vários fatores, como diferenças nas metodologias, na composição das espécies do ecossistema amostrado, na idade das espécies dominantes da comunidade, no estágio sucessional, na fertilidade do solo, além de diferenças do clima e da época de amostragem.

De certo modo, o teor de Mg mais alto na fração folhas pode ser explicado pela função fisiológica que esse nutriente exerce nas plantas, pois o mesmo está diretamente ligado ao metabolismo energético, atuando como constituinte das moléculas de clorofila. O papel mais conhecido do Mg na vida da planta refere-se a sua presença na clorofila, além de ativar muitas enzimas (MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA, 1997). Apesar de ser um elemento relativamente móvel, as folhas ainda mantêm concentrações relativamente elevadas após a senescência e deposição da serapilheira ao solo.

Nas três áreas de floresta secundária, o teor de K na fração órgãos reprodutivos foi estatisticamente superior às demais frações, provavelmente porque nesses órgãos há maior dificuldade de lixiviação do K. Apesar de este nutriente ser altamente móvel na planta, após a queda da serapilheira, as estruturas reprodutivas mantêm quantidades consideráveis deste nutriente em sua biomassa.

Por outro lado, os ramos apresentaram os menores teores de K em todas as áreas. Isso pode estar relacionado à fragmentação dessas frações, sendo que

quanto mais finas as partículas, maiores são as chances de esse elemento ser lixiviado da serapilheira. Dickow, Marques e Pinto (2008) encontraram valores de K elevados no lixiviado da fração restos, relacionando essa maior concentração ao tamanho e fragmentação das partículas que compunham essa fração. Esses fragmentos de menor dimensão são mais suscetíveis à lavagem de seus nutrientes pela água da chuva, em especial do K, que é altamente móvel.

O teor de Ca foi maior nas folhas, o que se justifica por sua função estrutural, sendo o pectato de cálcio a principal substância da lamela média das células. É um elemento de mobilidade limitada na planta, pois uma vez locado na folha, o Ca se torna imóvel e somente pode ser redistribuído em condições especiais (MALAVOLTA, 1980). A maior abundância de Ca na fração lenhosa e nas folhas que nas estruturas reprodutivas é justificada pelo fato deste elemento ser um componente do material estrutural das árvores (SILVA, 1984). Uma vez que a planta não consegue retranslocar Ca para as partes mais jovens, em crescimento, grande parte permanece nas folhas que sofrem abscisão (NEVES, MARTINS e REISSMANN, 2001), o que explica os maiores teores nessa fração. Além disso, os autores verificaram que na Amazônia grandes quantidades de Ca retornam ao sistema por meio de precipitação pluviométrica. Protil (2006) também verificou alta concentração de Ca na precipitação interna em restinga, confirmando esse comportamento.

Os teores de P foram baixos, tanto nas frações quanto nas espécies, confirmando o fato de que o P é o macronutriente mais limitante nos solos brasileiros (SOUZA e DAVIDE, 2001). Devido a sua alta mobilidade no floema (MALAVOLTA, 1980), esse nutriente é facilmente redistribuído dos órgãos mais velhos para os mais novos, sendo que grande parte dele se encontra nas folhas jovens em plena atividade metabólica (NEVES, MARTINS e REISSMANN, 2001), tendo assim sua concentração diminuída nas folhas senescentes e na serapilheira.

O padrão de concentração da maioria dos macronutrientes, em relação às estações do ano, apresenta uma tendência de maiores valores nas estações quentes e chuvosas (primavera e verão). Isso pode ser interpretado como uma adaptação das espécies aos solos quimicamente pobres, como Neves, Martins e Reissmann (2001) verificaram para a Floresta Amazônica, sendo que ocorre o acúmulo de serapilheira na estação seca e posterior disponibilização dos nutrientes,

mediante atividades biológicas, no período chuvoso. Esse padrão de ciclagem biogeoquímica favorece o crescimento das plantas.

Com relação à sazonalidade da concentração dos nutrientes, o K apresentou os maiores valores de concentração no inverno para as três áreas. Isso evidencia a mobilidade desse macronutriente, sendo facilmente lixiviado das estruturas da planta por ocasião da precipitação. Pinto (2001) e Rocha (2006) verificaram esse mesmo comportamento em Floresta Atlântica. Dickow, Marques e Pinto (2008) mostraram, num ensaio de lixiviação de serapilheira, que o K apresentou teores mais elevados no lixiviado, o que comprova a facilidade de lixiviação do nutriente das frações de serapilheira com a precipitação.

Semelhante ao K, o teor de sódio na serapilheira também foi maior no inverno. Dickow, Marques e Pinto (2008) observaram maior concentração de Na no lixiviado da serapilheira coletada no outono, principalmente para os ramos e órgão reprodutivos, o que se explica pelo fato de que a serapilheira coletada nas estações de menor precipitação tem mais Na para ser lixiviado.

A análise dos teores de macronutrientes e Na nas espécies (TABELA 13) nas folhas de algumas espécies mostra que os valores foram bem próximos dos observados para a fração folhas diversas. A sequência de concentração dos nutrientes para a maioria das espécies foi  $Ca > Mg > K > Na > P$ , semelhante ao encontrado para as frações e de acordo com vários estudos em Floresta Atlântica (PINTO e MARQUES, 2003; MARTINS, 2004; ROCHA, 2006). Como exceção, *Matayba guianensis* apresentou maior teor de Mg em relação ao Ca.

Algumas espécies se destacam das demais em termos de concentração de nutrientes. *Psychotria nuda* apresentou o maior teor de P e Ca,  $1,5 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $10,2 \text{ g.kg}^{-1}$ , respectivamente. Além disso, suas folhas possuem alta concentração de N, Mg e baixa relação C/N, o que facilita sua decomposição durante o processo de ciclagem. Como é uma espécie de sub-bosque, não há estudos quantificando os teores de nutrientes para essa espécie. No entanto, os valores são maiores que os encontrados por Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005) e Dickow (2010) para outras espécies da Floresta Atlântica. O teor de Ca ficou próximo ao encontrado por Pinto (2001) para espécies de restinga.

TABELA 13 – CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E NA NAS FOLHAS DE ALGUMAS ESPÉCIES DE TRÊS ÁREAS DE FLORESTA SECUNDÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Área	Espécie	Concentração (g.kg <sup>-1</sup> )				
		P	K	Ca	Mg	Na
FS-1	<i>Cupania oblongifolia</i>	0,65 a <sup>1</sup>	1,58 b <sup>1</sup>	3,66 c <sup>1</sup>	4,28 a <sup>1</sup>	0,90 ab <sup>1</sup>
	<i>Vochysia bifalcata</i>	0,43 c	1,44 b	3,41 cd	3,03 c	0,44 d
	<i>Hyeronima alchorneiodes</i>	0,71 a	1,71 ab	3,45 cd	3,24 bc	0,58 cd
	<i>Miconia sp.</i>	0,68 a	1,97 a	7,18 b	3,17 c	0,76 bc
	<i>Tibouchina pulchra</i>	0,59 ab	1,44 b	8,07 a	2,50 d	0,76 bc
	<i>Nectandra oppositifolia</i>	0,59 ab	1,40 b	3,14 cd	1,68 f	0,69 c
	<i>Pera glabrata</i>	0,41 c	1,59 b	2,99 d	3,47 b	0,62 cd
	<i>Myrsine ferruginea</i>	0,48 bc	1,43 b	3,63 c	2,00 e	1,00 a
FS-2	<i>Cupania oblongifolia</i>	0,46 cd <sup>1</sup>	1,42 c	4,70 ab	4,50 b	1,41 b
	<i>Vochysia bifalcata</i>	0,30 ef	0,95 e	3,55 cde	3,00 d	0,65 e
	<i>Hyeronima alchorneiodes</i>	0,54 abc	1,40 c	4,03 bcd	3,60 c	0,90 cd
	<i>Myrcia pubipetala</i>	0,38 de	1,02 de	4,40 abc	2,30 ef	0,86 cd
	<i>Matayba guianensis</i>	0,37 de	1,40 c	3,45 de	5,87 a	1,59 b
	<i>Miconia sp.</i>	0,27 f	1,93 ab	4,07 bcd	4,63 b	2,33 a
	<i>Alchornea sp.</i>	0,59 ab	1,78 b	4,54 ab	2,67 de	0,62 e
	<i>Casearia sp.</i>	0,64 a	2,15 a	5,13 a	4,62 b	1,08 c
	<i>Sloanea guianensis</i>	0,47 cd	1,29 cd	5,26 a	2,64 de	0,75 de
	<i>Nectandra oppositifolia</i>	0,48 bc	1,06 de	3,53 cde	1,87 f	0,90 cd
	<i>Pera glabrata</i>	0,28 f	1,40 c	2,70 e	2,99 d	1,37 b
FS-3	<i>Cupania oblongifolia</i>	0,66 bcd <sup>1</sup>	1,77 bc	5,68 bc	3,86 de	0,99 bcd
	<i>Vochysia bifalcata</i>	0,42 ef	1,25 ef	5,56 bcd	2,76 f	0,46 f
	<i>Hyeronima alchorneiodes</i>	0,69 bc	1,89 ab	3,51 g	2,75 f	0,72 de
	<i>Myrcia pubipetala</i>	0,41 efg	1,19 f	6,35 b	2,86 f	0,71 de
	<i>Matayba guianensis</i>	0,47 def	1,77 bc	5,45 bcde	6,19 a	1,31 b
	<i>Miconia sp.</i>	0,27 g	2,20 a	4,64 def	4,46 c	2,37 a
	<i>Alchornea sp.</i>	0,81 b	1,93 ab	5,63 bc	2,75 fg	0,56 ef
	<i>Casearia sp.</i>	0,72 bc	2,07 ab	6,05 bc	4,33 cd	0,77 de
	<i>Sloanea guianensis</i>	0,54 cde	1,51 cde	5,28 cde	2,52 fg	0,63 ef
	<i>Nectandra oppositifolia</i>	0,51 cdef	1,37 ef	3,82 fg	1,81 h	0,76 de
	<i>Pera glabrata</i>	0,33 fg	1,40 def	4,13 fg	3,40 e	0,94 cd
	<i>Psychotria nuda</i>	1,45 a	1,73 bcd	10,16 a	5,38 b	1,21 bc
	<i>Quiina glaziovii</i>	0,47 def	1,85 abc	4,66 def	2,25 g	0,60 f

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra em coluna em cada área não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

FONTE: O autor (2013)

*Matayba guianensis* apresentou a maior concentração de Mg em suas folhas. Já *Miconia sp.* apresentou o maior teor de K e Na, sendo o último com valores relativamente altos, bem superior às demais espécies. Os valores de Mg e Na encontrados nesse estudo são maiores que os encontrados por Pinto (2001) e

Dickow, (2010) e menores que os verificados por Rocha (2006) em outros trabalhos desenvolvidos no litoral do Paraná.

### 3.1.3 Micronutrientes

Nas frações de serapilheira nas três áreas de floresta secundária, a sequência de concentração de micronutrientes foi Mn>Fe>Zn>Cu. A concentração de alguns elementos, em especial o Mn e o Fe, alcançou valores relativamente altos, sendo em alguns casos superiores aos valores encontrados para alguns macronutrientes. Este resultado também foi observado por Pinto (2001) e Dickow (2010) em diferentes fases de sucessão secundária em Floresta Atlântica.

A concentração de micronutrientes na floresta secundária menos desenvolvida (TABELA 14) mostra que fração ramos se sobressaiu às demais para Cu, Mn e Zn, enquanto o Fe foi maior na fração restos, apesar de não diferir estatisticamente das folhas diversas. Por outro lado, a fração órgãos reprodutivos apresentou menor valor de concentração para todos os micronutrientes, porém sem diferir estatisticamente dos ramos para o Fe.

Com relação às estações do ano, para o Fe, os teores em todas as frações foram maiores na primavera. Para o Mn, não houve diferenças estatísticas entre as estações para as folhas diversas e restos, enquanto a concentração a fração órgãos reprodutivos foi maior no inverno e dos ramos no verão. Para o Zn, não houve efeito da estação na concentração das frações ramos e folhas diversas, enquanto para a fração restos foi maior no outono e órgãos reprodutivos no verão. O teor de Cu foi estatisticamente menor para todas as frações no inverno.

A concentração de micronutrientes na floresta secundária intermediária (TABELA 15) não apresentou interação significativa entre as frações e as estações do ano para o Mn e o Fe, que foram os micronutrientes mais abundantes. Os órgãos reprodutivos apresentaram maior teor de Cu, e menores teores de Mn, Fe e Zn. A concentração de Fe na fração restos e Mn nas frações restos e folhas diversas, foi estatisticamente superiores às demais. Não foi verificada diferença estacional no

teor de Cu entre as frações restos e folhas diversas, e nem para o Zn, entre os restos e ramos. As outras frações apresentaram padrões variados.

TABELA 14 – CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA MENOS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Fração	Concentração (mg.kg <sup>-1</sup> )					
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	MÉDIA	
Cu	Ramos	22,21 bcA <sup>1</sup>	25,63 bA	34,94 aA	18,95 cA	25,43 A <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	17,24 abB	21,90 aAB	14,97 bC	2,00 cC	14,03 C
	Restos	19,92 bAB	17,61 bB	28,53 aB	9,97 cB	19,01 B
	Folhas diversas	15,28 bB	22,59 aA	24,93 aB	8,33 cB	17,78 B
Mn	Ramos	448,61 abA <sup>1</sup>	513,94 aA	370,69 bA	465,74 abA	449,74 A <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	57,66 bC	66,02 bD	92,14 abB	136,62 aC	88,11 D
	Restos	234,44 aB	250,83 aC	276,39 aA	296,98 aB	264,66 C
	Folhas diversas	365,78 aA	367,91 aB	301,13 aA	340,44 aB	343,82 B
Fe	Ramos	217,49 aB <sup>1</sup>	143,12 abA	197,69 abA	126,32 bBC	171,16 B <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	217,50 aB	150,31 abA	121,71 bA	82,96 bC	143,12 B
	Restos	385,31 aA	198,67 bA	195,72 bA	272,32 bA	263,00 A
	Folhas diversas	378,38 aA	212,21 bA	171,83 bA	193,85 bAB	239,07 A
Zn	Ramos	25,87 aA <sup>1</sup>	31,30 aA	23,30 aB	27,93 aA	27,10 A <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	18,56 abA	22,57 aB	16,63 abB	14,33 bB	18,02 C
	Restos	22,58 bA	24,92 bAB	36,18 aA	23,55 bA	26,82 AB
	Folhas diversas	21,26 aA	24,24 aAB	22,93 aB	21,99 aA	22,61 B

<sup>1</sup>Médias internas seguidas pela mesma letra minúscula em linha e letra maiúscula em coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

<sup>2</sup>Médias externas (média das frações) com mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

FONTE: O autor (2013)

Na floresta secundária mais desenvolvida (TABELA 16), os teores de Fe e Mn alcançaram valores relativamente altos, como pode ser observado na fração restos, que foi superior à concentração de P, por exemplo. Analisando as médias anuais, a fração ramos apresentou teores maiores de Mn e Zn, enquanto restos foi superior para Cu e Fe. A concentração de Zn, Mn e Fe foi menor na fração órgãos reprodutivos, enquanto Cu foi menor nas folhas diversas.

Semelhante ao observado na floresta secundária menos desenvolvida, a fração órgãos reprodutivos teve a menor concentração dentre os micronutrientes, apesar de não apresentar diferença estatística das folhas diversas (Zn) e dos ramos e folhas diversas (Cu).

TABELA 15 – CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA INTERMEDIÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Fração	Concentração (mg.kg <sup>-1</sup> )					
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	MÉDIA	
Cu	Ramos	10,65 abB <sup>1</sup>	13,63 abA	9,63 bB	14,27 aA	12,05 AB <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	16,98 aA	10,65 bAB	16,63 aA	11,29 bA	13,88 A
	Restos	14,29 aAB	12,29 aAB	12,60 aAB	11,97 aA	12,79 AB
	Folhas diversas	10,65 aB	8,29 aB	10,97 aB	12,29 aA	10,55 B
Mn <sup>ns</sup>	Ramos	369,37	393,44	395,48	361,14	379,86 A <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	174,10	162,74	160,59	111,20	152,16 B
	Restos	443,51	304,58	320,73	396,56	366,34 A
	Folhas diversas	416,42	346,04	336,44	364,36	365,82 A
Fe <sup>ns</sup>	Ramos	65,89	83,80	77,04	81,00	76,93 C <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	77,56	61,90	99,07	64,41	75,74 C
	Restos	143,14	110,62	145,93	153,20	138,22 A
	Folhas diversas	112,41	95,79	82,12	109,91	100,06 b
Zn	Ramos	30,95 aA <sup>1</sup>	28,27 aB	26,57 aA	17,59 aA	25,84 AB <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	23,97 abA	20,63 bB	35,57 aA	17,59 bA	24,44 B
	Restos	30,57 aA	27,57 aB	25,54 aA	25,92 aA	27,40 AB
	Folhas diversas	37,29 abA	42,43 aA	24,60 bA	24,91 bA	32,31 A

<sup>1</sup>Médias internas seguidas pela mesma letra minúscula em linha e letra maiúscula em coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

<sup>2</sup>Médias externas (média das frações) com mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

<sup>ns</sup>Interação não significativa.

FONTE: O autor (2013)

Nas três áreas de floresta secundária, o teor de Mn foi maior nos ramos e menor nos órgãos reprodutivos. Da mesma forma, a concentração de Fe nos restos foi superior, enquanto nas estruturas reprodutivas apresentou os menores valores.

O padrão temporal de concentração do Cu apresenta maiores valores no inverno e menores no verão, algo parecido com o N e K. A mobilidade do cobre é relativa, sendo que em plantas bem nutridas pode ser redistribuído das folhas velhas às outras partes (MALAVOLTA, VITTI E OLIVEIRA, 1997). Essa mobilidade relativa faz com que a serapilheira do período mais chuvoso tenha menor quantidade de elemento. Já o Zn apresenta comportamento contrário ao Cu, com maiores valores de concentração no verão.

Os elevados teores de Mn e Fe foram observados em outros estudos realizados na Floresta Atlântica do litoral do Paraná (PINTO, 2001; DICKOW, 2010). Para o Fe, esse comportamento pode estar relacionado à alta concentração desse elemento no solo das parcelas de estudo.

TABELA 16 – CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA MAIS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Fração	Concentração (mg.kg <sup>-1</sup> )					
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	MÉDIA	
Cu	Ramos	20,25 bAB <sup>1</sup>	14,94 cAB	17,91 bcB	25,25 aA	19,59 B <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	19,29 bAB	11,96 cB	19,63 bAB	23,58 aA	18,62 BC
	Restos	21,97 aA	18,28 bA	21,62 abA	24,94 aA	21,70 A
	Folhas diversas	16,93 abB	14,27 bB	17,63 abB	18,31 aB	16,79 C
Mn	Ramos	780,05 bA <sup>1</sup>	920,23 abA	996,41 aA	783,09 bA	869,95 A <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	435,01 aB	285,74 aB	356,25 aB	380,90 aB	364,48 C
	Restos	801,56 abA	907,28 aA	904,21 aA	686,17 bA	824,80 AB
	Folhas diversas	751,62 aA	799,91 aA	847,88 aA	692,40 aA	772,95 B
Fe	Ramos	608,18 aA <sup>1</sup>	259,27 bB	382,24 bB	276,42 bB	381,53 B <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	149,02 aB	212,63 aB	291,73 aB	252,27 aB	226,41 C
	Restos	557,31 cA	812,23 bA	860,21 bA	2021,91 aA	1062,92 A
	Folhas diversas	336,34 aB	381,35 aB	463,74 aB	405,12 aB	396,64 B
Zn	Ramos	37,82 aA <sup>1</sup>	26,89 bAB	35,48 aA	33,89 aA	33,52 A <sup>2</sup>
	Órgãos reprodutivos	24,28 aB	18,61 bC	18,30 bC	24,58 aB	21,44 B
	Restos	39,61 aA	29,58 bcA	25,61 cB	34,25 bA	32,26 A
	Folhas diversas	27,56 aB	23,57 abBC	21,95 bBC	21,30 bB	23,59 B

<sup>1</sup>Médias internas seguidas pela mesma letra minúscula em linha e letra maiúscula em coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

<sup>2</sup>Médias externas (média das frações) com mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

FONTE: O autor (2013)

O teor de micronutrientes nas folhas das espécies selecionadas (TABELA 17) seguiu a sequência Mn>Fe>Zn>Cu para a maioria das espécies, à exceção de *Hyeronima alchorneoides* e *Tibouchina pulchra*, que apresentaram a ordem Fe>Mn>Zn=Cu. Em geral, os teores de Cu e Zn apresentam pouca variação entre si.

A maior concentração de Zn foi observada nas folhas de *Miconia sp.* (37,5 mg.kg<sup>-1</sup>) e para o Cu, o maior valor foi de 22,8 mg.kg<sup>-1</sup>, ambas na FS-2. *Cupania oblongifolia* apresentou os maiores valores de Mn nas três áreas, sendo que na FS-3 a concentração foi de 1,3 g.kg<sup>-1</sup>, o que é um valor considerado alto. Motta *et al.* (2007) citam que a concentração de Mn nas culturas gira em torno 10 a 50 mg.kg<sup>-1</sup>, podendo atingir 200 mg.kg<sup>-1</sup> em casos especiais. *Matayba guianensis* também apresentou valores elevados, de 1 g.kg<sup>-1</sup>. Com relação ao Fe, a maior concentração foi verificada para *Casearia sp.*, com 581,6 mg.kg<sup>-1</sup>.

TABELA 17 – CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NAS FOLHAS DE ALGUMAS ESPÉCIES DE TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA

Área	Espécie	Concentração (mg.kg <sup>-1</sup> )			
		Cu	Mn	Fe	Zn
FS-1	<i>Cupania oblongifolia</i>	17,90 ab <sup>1</sup>	714,84 a	314,92 a	29,91 b
	<i>Vochysia bifalcata</i>	22,03 a	184,16 d	170,26 c	14,88 d
	<i>Hyeronima alchorneiodes</i>	22,84 a	121,32 e	212,14 bc	20,61 c
	<i>Miconia sp.</i>	19,27 ab	223,38 c	237,80 abc	37,55 a
	<i>Tibouchina pulchra</i>	16,53 ab	35,15 g	231,37 abc	14,53 d
	<i>Nectandra oppositifolia</i>	15,19 ab	289,72 b	176,36 c	19,51 c
	<i>Pera glabrata</i>	12,05 b	159,26 d	193,18 c	13,05 d
	<i>Myrsine ferruginea</i>	11,98 b	63,37 f	307,97 ab	18,46 c
FS-2	<i>Cupania oblongifolia</i>	7,56 de	671,51 a	111,77 bc	30,58 b
	<i>Vochysia bifalcata</i>	10,05 abcd	149,82 e	67,52 d	18,60 cd
	<i>Hyeronima alchorneiodes</i>	13,12 a	144,82 e	117,85 bc	17,94 cd
	<i>Myrcia pubipetala</i>	8,63 bcde	239,49 d	94,30 cd	17,60 cd
	<i>Matayba guianensis</i>	5,82 e	462,92 c	77,85 d	21,94 c
	<i>Miconia sp.</i>	9,48 bcd	273,63 d	94,14 cd	18,95 cd
	<i>Alchornea sp.</i>	11,31 ab	250,43 d	156,43 a	20,30 c
	<i>Casearia sp.</i>	11,05 abc	552,93 b	126,56 ab	36,30 a
	<i>Sloanea guianensis</i>	6,06 e	437,82 c	120,01 bc	14,62 d
	<i>Nectandra oppositifolia</i>	8,06 cde	484,14 c	76,78 d	17,62 cd
	<i>Pera glabrata</i>	5,98 e	87,52 e	67,85 d	8,22 e
FS-3	<i>Cupania oblongifolia</i>	12,37 def	1289,08 a	229,99 c	25,49 bcd
	<i>Vochysia bifalcata</i>	17,17 ab	647,02 e	236,20 c	14,68 g
	<i>Hyeronima alchorneiodes</i>	15,62 bcd	268,32 f	269,17 c	18,28 efg
	<i>Myrcia pubipetala</i>	8,39 g	728,79 de	264,52 c	16,61 fg
	<i>Matayba guianensis</i>	10,62 efg	1008,07 b	233,18 c	31,20 ab
	<i>Miconia sp.</i>	14,70 bcd	654,29 de	270,69 c	17,35 efg
	<i>Alchornea sp.</i>	20,68 a	674,68 de	413,27 b	23,17 cde
	<i>Casearia sp.</i>	16,20 bc	1104,30 b	581,59 a	33,32 a
	<i>Sloanea guianensis</i>	10,47 fg	974,38 bc	265,18 c	17,79 efg
	<i>Nectandra oppositifolia</i>	12,45 def	726,17 de	256,75 c	21,00 def
	<i>Pera glabrata</i>	9,64 fg	378,09 f	180,60 c	15,12 fg
	<i>Psychotria nuda</i>	14,11 bcde	746,81 de	379,48 b	29,22 abc
	<i>Quiina glaziovii</i>	13,12 cdef	824,75 cd	215,57 c	29,97 ab

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra em coluna de cada área não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

FONTE: O autor (2013)

### 3.1.4 Dinâmica dos nutrientes com o avanço da sucessão secundária

Na TABELA 18 é possível verificar a dinâmica nutricional das frações em função do avanço da sucessão secundária da floresta, enquanto na TABELA 19 são comparadas as espécies nas áreas de diferentes idades. Foram consideradas apenas as espécies analisadas quimicamente em todas as áreas. É possível perceber, nos dois casos, que há uma tendência de aumento do teor de vários nutrientes com o aumento da idade da floresta secundária.

Com relação às frações, para o C, houve diferença estatística apenas na fração ramos, sendo que o maior teor foi verificado na FS-2, não diferindo da FS-1. Para as espécies, o C só diferiu estatisticamente com o avanço da sucessão para *Miconia sp.*, apresentando os maiores valores na FS-3. Em geral, a concentração entre as áreas, tanto para as frações quanto para as espécies, não apresentou comportamento padrão que pudesse ser considerado como tendência, diferente do observado por Dickow (2010), com maior valor de C na floresta secundária intermediária para todas as frações.

A concentração de N de todas as frações aumentou com a idade da floresta, sendo que a fração órgãos reprodutivos não apresentou diferenças estatísticas entre as fases. O mesmo foi verificado para a maioria das espécies, exceto para *Nectandra oppositifolia*, *Vochysia bifalcata* e *Hyeronima alchorneoides*, que não diferiram estatisticamente entre as fases. Rocha (2006) obteve resultado semelhante, com maiores valores de N nas frações folhas, ramos e frutos em floresta secundária avançada. Da mesma forma, Pinto e Marques (2003), Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005) e Scheer (2006) também observaram tendência de aumento do teor de N com o avanço da sucessão secundária da floresta.

A relação C/N apresentou comportamento inverso ao do N, sendo menor na FS-3 para grande parte das frações, apesar de não haver diferenças estatísticas para os órgãos reprodutivos. O mesmo foi verificado para as folhas da maioria das espécies, apesar de algumas não diferirem estatisticamente, com exceção de *Miconia sp.*, que apresentou maior relação C/N na FS-2. Padrão semelhante foi encontrado por Dickow (2010), sendo que as florestas secundárias mais desenvolvidas apresentaram valores inferiores às florestas de início de sucessão secundária. Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005) observaram tendência de

diminuição da relação C/N com o avanço da sucessão em folhas de espécies da Floresta Atlântica.

Em todas as frações, houve influência do aumento da idade da floresta secundária na concentração de Ca, sendo menor na FS-1 e maior na FS-3. Grande parte das espécies também apresentou essa tendência, exceto *Hyeronima alchorneoides*, sem diferença estatística, e *Miconia sp.*, com maior teor na FS-1. Como o Ca é um elemento relativamente imóvel, com importante função estrutural (MALAVOLTA, 1980), as plantas tendem a armazenar esse macronutriente em seus tecidos à medida que envelhecem, sendo que após a queda a serapilheira ainda mantém elevados teores desse elemento.

O Mg não diferiu estatisticamente entre as áreas para as frações ramos e folhas diversas, enquanto para os órgãos reprodutivos e restos a maior concentração foi encontrada na floresta secundária intermediária, semelhante ao que foi verificado por Rocha (2006). Nas folhas das espécies houve tendência de diminuição dos teores para grande parte das espécies, com exceção de *Miconia sp.* e *Nectandra oppositifolia*.

A concentração de K não apresentou variação com o avanço da sucessão para ramos e órgãos reprodutivos. Já para a fração folhas diversas e restos, e para as folhas da maioria das espécies, a concentração de K foi menor na FS-2 e maior na FS-3. Pinto e Marques (2003) e Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005) observaram aumento do teor de K em espécies de restinga com o avanço da sucessão, o que está associado às características morfológicas das folhas e às condições do solo.

TABELA18 – COMPARAÇÃO DO TEOR DE NUTRIENTES E RELAÇÃO C/N DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DE TRÊS ÁREAS DE FLORESTA SECUNDÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Fração	Área	g.kg <sup>-1</sup>							Relação C/N	mg.kg <sup>-1</sup>			
		C	N	P	K	Ca	Mg	Na		Cu	Mn	Fe	Zn
Ramos	FS-1	449,39 ab <sup>1</sup>	10,87 b	0,46 a	1,38 a	2,69 c	2,03 a	0,55 b	41,56 a	25,43 a	449,74 b	171,16 b	27,10 b
	FS-2	465,10 a	12,61 ab	0,33 b	1,16 a	3,51 b	2,02 a	0,87 a	36,91 a	12,05 c	379,86 b	76,93 c	25,84 b
	FS-3	440,48 b	14,12 a	0,40 ab	1,36 a	4,74 a	2,19 a	0,61 b	31,48 b	19,58 b	869,95 a	381,53 a	33,52 a
Órgãos reprodutivos	FS-1	456,46 a	15,94 a	0,92 a	3,31 a	2,90 a	2,11 c	0,57 b	29,59 a	14,03 a	88,11 c	143,12 b	18,02 b
	FS-2	453,83 a	19,49 a	1,01 a	2,79 a	2,87 a	3,03 a	1,04 a	23,73 a	13,88 a	152,16 b	75,74 c	24,44 a
	FS-3	463,32 a	18,66 a	0,91 a	3,54 a	3,17 a	2,47 b	0,91 a	25,09 a	18,61 a	364,48 a	226,41 a	21,44 ab
Restos	FS-1	439,61 a	18,99 b	0,97 a	1,91 a	5,04 a	3,09 b	0,65 b	23,20 a	19,01 b	264,66 c	263,00 b	26,82 a
	FS-2	453,45 a	20,42 ab	0,75 b	1,45 b	4,57 b	3,56 a	1,00 a	22,22 a	12,79 c	366,34 b	138,22 c	27,40 a
	FS-3	449,90 a	22,16 a	1,04 a	2,02 a	5,40 a	3,28 b	0,75 b	20,32 b	21,70 a	824,80 a	1062,91 a	32,26 a
Folhas Diversas	FS-1	455,20 a	17,84 b	0,72 a	1,95 a	4,06 c	3,69 a	0,86 b	25,53 a	17,78 a	343,82 b	239,07 b	22,61 b
	FS-2	444,71 a	18,22 b	0,56 b	1,62 b	5,30 b	3,82 a	1,14 a	24,44 a	10,55 b	365,82 b	100,06 c	32,31 a
	FS-3	456,57 a	20,96 a	0,72 a	1,76 ab	6,08 a	3,59 a	0,85 b	21,79 b	16,79 a	772,95 a	396,64 a	23,59 b

<sup>1</sup>Médias internas (comparação dos áreas para cada fração) seguidas pela mesma letra em coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

FONTE: O autor (2013)

TABELA19 – COMPARAÇÃO DO TEOR DE NUTRIENTES E RELAÇÃO C/N DAS FOLHAS DE ALGUMAS ESPÉCIES DE TRÊS ÁREAS DE FLORESTA SECUNDÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Espécie	Área	g.kg <sup>-1</sup>							Relação C/N	mg.kg <sup>-1</sup>			
		C	N	P	K	Ca	Mg	Na		Cu	Mn	Fe	Zn
<i>Cupania oblongifolia</i>	FS-1	479,30 a <sup>1</sup>	17,60 c	0,65 a	1,57 ab	3,66 c	4,28 a	0,90 b	27,25 a	17,90 a	714,84 b	314,92 a	29,91 a
	FS-2	484,90 a	20,59 b	0,46 b	1,42 b	4,70 b	4,50 a	1,41 a	23,57 b	7,56 c	671,51 b	111,77 c	30,58 a
	FS-3	477,57 a	22,32 a	0,66 a	1,77 a	5,68 a	3,86 b	0,99 b	21,42 c	12,37 b	1289,08 a	229,99 b	25,49 b
<i>Vochysia bifalcata</i>	FS-1	407,67 a	13,86 a	0,43 a	1,43 a	3,41 b	3,03 a	0,44 b	29,66 a	22,03 a	184,16 b	170,26 b	14,88 b
	FS-2	413,34 a	14,04 a	0,30 b	0,95 b	3,55 b	3,00 a	0,65 a	29,46 a	10,05 c	149,82 c	67,52 c	18,60 a
	FS-3	413,98 a	15,46 a	0,42 a	1,25 a	5,56 a	2,76 b	0,46 b	26,98 a	17,17 b	647,02 a	236,19 a	14,68 b
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	FS-1	476,22 a	13,01 a	0,71 a	1,70 a	3,45 a	3,24 b	0,58 b	36,74 a	22,84 a	121,32 b	212,14 a	20,61 a
	FS-2	474,83 a	13,52 a	0,54 b	1,40 b	4,03 a	3,60 a	0,90 a	35,17 a	13,12 b	144,82 b	117,85 b	17,94 a
	FS-3	474,94 a	15,28 a	0,69 a	1,89 a	3,51 a	2,75 c	0,72 ab	31,66 a	15,62 b	268,32 a	269,17 a	18,28 a
<i>Miconia sp</i>	FS-1	427,15 b	13,97 ab	0,68 a	1,97 ab	7,18 a	3,17 b	0,76 b	30,60 b	19,27 a	223,38 b	237,80 a	37,55 a
	FS-2	449,22 ab	13,00 b	0,27 b	1,93 b	4,07 b	4,63 a	2,33 a	34,56 a	9,48 c	273,63 b	94,14 b	18,95 b
	FS-3	464,30 a	14,39 a	0,27 b	2,20 a	4,64 b	4,46 a	2,37 a	32,31 b	14,70 b	654,29 a	270,69 a	17,35 b
<i>Nectandra oppositifolia</i>	FS-1	472,99 a	13,73 a	0,59 a	1,40 a	3,14 b	1,68 a	0,69 b	34,75 a	15,19 a	289,72 c	176,36 b	19,51 ab
	FS-2	482,53 a	15,45 a	0,48 a	1,06 b	3,53 ab	1,87 a	0,90 a	31,36 a	8,06 b	484,14 b	76,78 c	17,62 b
	FS-3	473,60 a	14,63 a	0,51 a	1,37 a	3,82 a	1,81 a	0,76 b	32,38 a	12,45 a	726,17 a	256,75 a	21,00 a
<i>Pera glabrata</i>	FS-1	467,22 a	12,84 b	0,41 a	1,59 a	2,99 b	3,47 a	0,62 c	36,52 a	12,05 a	159,26 b	193,18 a	13,05 a
	FS-2	449,98 a	13,33 ab	0,28 b	1,40 a	2,70 b	2,99 b	1,37 a	33,80 ab	5,98 b	87,52 c	67,85 b	8,22 b
	FS-3	467,33 a	14,78 a	0,33 ab	1,40 a	4,13 a	3,40 a	0,94 b	31,64 b	9,64 a	378,09 a	180,60 a	15,12 a

<sup>1</sup>Médias internas (comparação das áreas para cada espécie) seguidas pela mesma letra em coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

FONTE: O autor (2013)

Para o P e K não houve diferenças entre a FS-1 e a FS-3 para grande parte das espécies, sendo os valores mais baixos observados na FS-2 para algumas espécies. Para *Nectandra oppositifolia*, no caso do P, e para *Pera glabrata*, no caso do K, não foi observada variação em função da área de estudo. Fernandes *et al.* (2006) encontraram diferenças nos teores de P e K entre floresta secundária espontânea e plantios de algumas espécies nativas, sendo que os valores geralmente foram maiores nas áreas dos plantios. Isso evidencia que a composição das espécies é um fator muito importante para evolução da ciclagem com o avanço da sucessão secundária.

O Na apresentou os maiores valores de concentração na FS-2, tanto para as frações quanto para as espécies. Esses valores mais elevados para essa área estão relacionados com a localização da área de estudo, que situa-se em uma encosta voltada para o oceano. Apesar de grande distância do mar, é possível que os ventos tenham contribuído significativamente para aumentar o teor de Na nesta parcela. Algo semelhante foi observado em restinga por Pinto (2001) e Rocha (2006), onde os maiores valores de Na foram observados na fase média. Dickow, Marques e Pinto (2008) encontraram elevados teores de Na no lixiviado das folhas de espécies de restinga, sendo que a proximidade do mar contribuiu significativamente esses resultados.

Para os macronutrientes e relação C/N, a fração órgãos reprodutivos mostrou pouca ou nenhuma influência do avanço da sucessão secundária, exceto para o Mg, sendo que o maior valor foi encontrado na floresta secundária intermediária.

Com relação aos micronutrientes, em todas as frações houve aumento dos teores de Mn e Fe com o avanço da sucessão secundária, sendo as fases estatisticamente diferentes entre si. Na fração restos da FS-3, os teores destes nutrientes foram elevados, sendo semelhantes a alguns macronutrientes, como o P. Grande parte das espécies também apresentou maiores valores na FS-3, algumas com teores relativamente elevados, como *Cupania oblongifolia*, onde o teor de Mn, de  $1,3 \text{ g.kg}^{-1}$ , superou o P e o Na.

O teor de Cu nas frações de serapilheira possui comportamentos distintos em função da fase de sucessão. Para os ramos, houve diminuição, enquanto para os restos e órgãos reprodutivos, houve aumento com o avanço da idade da floresta. Nas folhas, não houve diferença entre a FS-1 e a FS-3 quanto à concentração de

Cu. O Zn aumentou o teor com a evolução da sucessão nas frações ramos e restos, esta última sem diferir estatisticamente entre as áreas.

Em muitos casos, os menores valores de concentração foram encontrados na FS-2, especialmente para Mn e Fe. Esse padrão pode estar relacionado à estrutura da floresta, que condiciona uma composição de espécies com menor quantidade desses micronutrientes.

### 3.2 APORTE DE NUTRIENTES PELA SERAPILHEIRA DEPOSITADA

A quantidade anual de nutrientes transferidos ao solo pelas frações de serapilheira na floresta secundária menos desenvolvida (TABELA 20) mostra que, em geral, os valores foram proporcionais à quantidade de serapilheira depositada. As folhas foram responsáveis pelo maior aporte de nutrientes ao solo, enquanto a fração órgãos reprodutivos depositou as menores quantidades. A fração ramos apresentou maior aporte no outono, para grande parte dos nutrientes, refletindo a maior quantidade de serapilheira depositada nesta estação. Para as outras frações, a maior quantidade de nutrientes foi depositada na primavera e verão.

O aporte de C variou de  $22,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  no inverno a  $769,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  no verão, enquanto o N oscilou entre  $0,7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  no inverno e  $25,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  na primavera. O Ca foi depositado em maior quantidade na primavera ( $8,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e Mg ( $5,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) no verão, enquanto os menores valores para os dois nutrientes foram registrados no inverno ( $0,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). O maior aporte de K foi de  $2,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  no verão, e a menor quantidade no inverno ( $0,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Na e P apresentaram valores depositados mais baixos dentre os macronutrientes, sendo o maior aporte, respectivamente, de  $1,3$  e  $1,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  na primavera e  $0,03$  e  $0,05 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  no inverno.

TABELA 20 – QUANTIDADE MÉDIA ESTACIONAL E ANUAL DE NUTRIENTES NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA MENOS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Fração	Estação	kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>							g.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>			
		C	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Mn	Fe	Zn
Ramos	Primavera	71,23	1,62	0,07	0,20	0,43	0,32	0,11	3,56	71,91	34,86	4,15
	Verão	106,09	2,76	0,10	0,33	0,59	0,48	0,09	6,03	120,83	33,65	7,36
	Outono	123,44	2,73	0,11	0,37	0,67	0,48	0,14	9,50	100,83	53,77	6,34
	Inverno	45,31	1,17	0,06	0,15	0,32	0,24	0,06	1,92	47,09	12,77	2,82
	TOTAL	346,07	8,29	0,34	1,05	2,00	1,51	0,40	21,01	340,65	135,05	20,67
Órgãos reprodutivos	Primavera	30,97	0,82	0,05	0,19	0,19	0,12	0,06	1,10	3,69	13,92	1,19
	Verão	59,21	2,55	0,12	0,26	0,41	0,30	0,06	2,88	8,68	19,77	2,97
	Outono	49,56	1,97	0,11	0,33	0,34	0,23	0,05	1,66	10,2	13,47	1,84
	Inverno	22,37	0,70	0,05	0,27	0,12	0,11	0,03	0,10	6,89	4,18	0,72
	TOTAL	162,12	6,03	0,33	1,05	1,06	0,76	0,19	5,74	29,46	51,34	6,72
Restos	Primavera	110,22	4,59	0,23	0,47	1,34	0,76	0,21	5,09	59,88	98,41	5,77
	Verão	164,76	7,71	0,38	0,76	1,80	1,22	0,19	6,61	94,14	74,56	9,35
	Outono	77,39	3,24	0,17	0,34	0,81	0,54	0,10	4,98	48,23	34,15	6,31
	Inverno	47,60	2,02	0,11	0,20	0,58	0,33	0,07	1,07	31,81	29,17	2,52
	TOTAL	399,96	17,57	0,89	1,76	4,53	2,84	0,58	17,74	234,05	236,29	23,96
Folhas diversas	Primavera	758,56	25,31	0,98	2,42	8,29	5,31	1,34	28,74	392,59	545,84	29,59
	Verão	769,41	24,51	0,70	2,78	7,34	5,50	0,91	37,67	381,35	320,81	33,37
	Outono	565,24	19,92	0,85	2,30	5,38	3,80	0,86	33,78	227,70	216,20	22,90
	Inverno	404,61	13,91	0,59	1,55	4,54	3,02	0,65	8,52	182,2	161,49	16,88
	TOTAL	2497,83	83,67	3,12	9,04	25,55	17,64	3,77	108,7	1183,84	1244,35	102,7
TOTAL PRIMAVERA		970,98	32,34	1,33	3,28	10,25	6,51	1,72	38,49	528,07	693,03	40,70
TOTAL VERÃO		1099,47	37,53	1,30	4,13	10,14	7,50	1,25	53,19	605,00	448,79	53,05
TOTAL OUTONO		815,63	27,86	1,24	3,34	7,20	5,05	1,15	49,92	386,96	317,59	37,39
TOTAL INVERNO		519,89	17,80	0,81	2,17	5,56	3,70	0,81	11,61	267,99	207,61	22,94
<b>SERAPILHEIRA TOTAL</b>		<b>3405,98</b>	<b>115,55</b>	<b>4,68</b>	<b>12,91</b>	<b>33,14</b>	<b>22,76</b>	<b>4,94</b>	<b>153,19</b>	<b>1788,00</b>	<b>1667,03</b>	<b>154,0</b>

FONTE: O autor (2013)

Para os micronutrientes, a quantidade de Mn depositada variou entre 392,6 g.ha<sup>-1</sup> para folhas e 3,6 g.ha<sup>-1</sup> nos órgãos reprodutivos, ambos na primavera. O aporte de Fe foi maior nas folhas da primavera com 545,8 g.ha<sup>-1</sup> e menor nos órgãos reprodutivos no inverno com 4,2 g.ha<sup>-1</sup>. Cu e Zn apresentaram os maiores valores, de 37,7 e 33,4 g.ha<sup>-1</sup>, para as folhas no verão, enquanto a menor quantidade foi depositada na fração órgãos reprodutivos no inverno, com 0,1 e 0,7 g.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

O retorno anual de nutrientes pela deposição de serapilheira na floresta secundária intermediária (TABELA 21) mostra que, para grande parte dos macro e micronutrientes, a maior quantidade foi depositada na fração folhas diversas, durante a primavera e verão; enquanto a menor quantidade foi depositada pela fração órgãos reprodutivos no inverno. O aporte de C variou entre 16,8 e 776,5 kg.ha<sup>-1</sup>, o N ficou entre 0,6 e 30,9 kg.ha<sup>-1</sup>, os teores de Ca, Mg e K oscilaram entre o valor mínimo de 0,1 kg.ha<sup>-1</sup> e o máximo de 9,3, 6,6 e 2,7 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A menor quantidade dentre os macronutrientes foi depositada pelo P, que teve valores semelhantes ao Na, oscilando entre o mínimo de 0,04 kg.ha<sup>-1</sup> e o máximo de 0,9 e 1,9 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Semelhante aos macronutrientes, o aporte anual de micronutrientes na floresta secundária intermediária foi maior nas folhas depositadas na primavera e menor na fração órgãos reprodutivos do inverno. Para o Mn, os valores oscilaram de 4,0 e 657,8 g.ha<sup>-1</sup>, no Fe ficou entre 2,3 e 195,8 g.ha<sup>-1</sup>, enquanto para Cu e Zn os valores variaram desde o mínimo de 0,4 g.ha<sup>-1</sup> e o máximo de 19,1 e 25,3 g.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

O aporte anual de nutrientes na floresta secundária mais desenvolvida (TABELA 22) foi maior na fração folhas, com pico de deposição na primavera para grande parte dos nutrientes, exceto para Mn e Fe, com maiores valores no verão. A fração órgãos reprodutivos foi responsável pela menor quantidade aportada, sendo que no outono foram registrados os menores valores.

A deposição de C junto ao solo por estação do ano variou de 22,5 e 828,6 kg.ha<sup>-1</sup>. Para o N, essa variação foi de 0,8 e 34,9 kg.ha<sup>-1</sup>, para o Ca ficou entre 0,2 e 10,9 kg.ha<sup>-1</sup>, no Mg essa faixa variou de 0,1 e 6,4 kg.ha<sup>-1</sup>, enquanto para o K os valores oscilaram entre 0,2 e 3,3 kg.ha<sup>-1</sup>. Para o Na e P, houve variação do mínimo de 0,05 kg.ha<sup>-1</sup> e os valores máximos de 1,7 e 1,2 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

TABELA 21 – QUANTIDADE MÉDIA ESTACIONAL E ANUAL DE NUTRIENTES NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA INTERMEDIÁRIA EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Fração	Estação	kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>							g.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>			
		C	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Mn	Fe	Zn
Ramos	Primavera	138,37	3,64	0,12	0,37	0,98	0,66	0,37	3,27	113,35	20,22	3,27
	Verão	155,45	4,39	0,14	0,24	1,35	0,78	0,24	4,64	134,03	28,55	4,64
	Outono	96,57	2,67	0,06	0,24	0,59	0,34	0,16	1,96	80,31	15,65	1,96
	Inverno	91,7	2,41	0,04	0,31	0,77	0,38	0,15	2,74	69,33	15,55	2,74
	TOTAL	482,09	13,11	0,36	1,16	3,69	2,16	0,92	12,61	397,03	79,97	12,61
Órgãos reprodutivos	Primavera	46,07	2,23	0,11	0,22	0,27	0,33	0,13	1,73	17,74	7,90	1,73
	Verão	42,22	1,94	0,11	0,22	0,32	0,29	0,07	1,03	15,77	6,00	1,03
	Outono	22,61	1,01	0,05	0,15	0,16	0,16	0,05	0,82	7,88	4,86	0,82
	Inverno	16,84	0,56	0,03	0,13	0,08	0,09	0,04	0,41	4,02	2,33	0,41
	TOTAL	127,74	5,74	0,30	0,73	0,84	0,87	0,29	3,98	45,39	21,08	3,98
Restos	Primavera	130,02	6,12	0,25	0,51	1,66	1,23	0,35	4,18	129,69	41,86	4,18
	Verão	186,96	8,53	0,32	0,31	1,85	1,42	0,31	4,99	123,6	44,89	4,99
	Outono	68,59	3,05	0,11	0,25	0,54	0,43	0,14	1,93	49,17	22,37	1,93
	Inverno	62,36	2,69	0,09	0,22	0,61	0,50	0,16	1,62	53,63	20,72	1,62
	TOTAL	447,92	20,38	0,77	1,30	4,66	3,58	0,95	12,72	356,09	129,84	12,72
Folhas diversas	Primavera	776,51	30,89	0,86	2,69	9,33	6,61	1,90	19,08	657,79	195,76	25,28
	Verão	708,31	26,19	0,77	1,96	7,33	5,35	1,34	14,12	472,21	140,6	20,30
	Outono	333,24	13,10	0,37	1,19	3,33	2,71	0,93	6,91	224,12	60,84	9,95
	Inverno	313,82	11,80	0,36	1,17	3,44	2,69	0,88	8,22	234,47	81,75	11,01
	TOTAL	2131,87	81,98	2,36	7,01	23,43	17,37	5,05	48,32	1588,58	478,96	66,54
TOTAL PRIMAVERA		1090,97	42,88	1,34	3,79	12,24	8,83	2,75	28,26	918,57	265,74	34,46
TOTAL VERÃO		1092,94	41,05	1,34	2,73	10,85	7,84	1,96	24,78	745,61	220,04	30,96
TOTAL OUTONO		521,01	19,83	0,59	1,83	4,62	3,64	1,28	11,62	361,48	103,72	14,66
TOTAL INVERNO		484,72	17,46	0,52	1,83	4,90	3,66	1,23	12,99	361,45	120,35	15,78
<b>SERAPILHEIRA TOTAL</b>		<b>3189,62</b>	<b>121,21</b>	<b>3,79</b>	<b>10,19</b>	<b>32,61</b>	<b>23,98</b>	<b>7,22</b>	<b>77,63</b>	<b>2387,09</b>	<b>709,85</b>	<b>95,85</b>

FONTE: O autor (2013)

TABELA 22 – QUANTIDADE MÉDIA ESTACIONAL E ANUAL DE NUTRIENTES NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DA FLORESTA SECUNDÁRIA MAIS DESENVOLVIDA EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

Fração	Estação	kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>							g.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>			
		C	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Mn	Fe	Zn
Ramos	Primavera	189,57	5,73	0,19	0,55	1,92	0,81	0,28	8,62	331,96	258,82	16,10
	Verão	237,47	6,76	0,12	0,56	2,33	1,05	0,22	8,17	503,07	141,74	14,70
	Outono	71,62	2,37	0,05	0,21	0,75	0,37	0,08	2,92	162,48	62,33	5,79
	Inverno	44,48	1,62	0,07	0,19	0,56	0,27	0,09	2,54	78,65	27,76	3,40
	TOTAL	543,14	16,48	0,42	1,51	5,56	2,50	0,67	22,24	1076,16	490,65	39,98
Órgãos reprodutivos	Primavera	66,19	3,04	0,13	0,42	0,38	0,38	0,12	2,73	61,53	21,08	3,43
	Verão	81,56	3,06	0,13	0,40	0,55	0,48	0,12	2,11	50,31	37,44	3,28
	Outono	22,54	0,80	0,04	0,16	0,18	0,11	0,05	0,97	17,52	14,35	0,90
	Inverno	28,46	1,19	0,08	0,35	0,19	0,14	0,06	1,45	23,37	15,48	1,51
	TOTAL	198,75	8,10	0,37	1,33	1,31	1,10	0,36	7,25	152,74	88,34	9,12
Restos	Primavera	148,44	7,66	0,33	0,76	1,8	1,16	0,28	7,27	265,25	184,43	13,11
	Verão	199,51	9,68	0,44	0,80	2,19	1,31	0,27	7,81	387,62	347,01	12,64
	Outono	81,50	3,94	0,18	0,33	1,02	0,59	0,14	4,00	167,27	159,13	4,74
	Inverno	65,08	3,17	0,18	0,31	0,81	0,49	0,12	3,66	100,69	296,7	5,03
	TOTAL	494,53	24,44	1,11	2,20	5,82	3,55	0,80	22,74	920,83	987,27	35,51
Folhas diversas	Primavera	828,58	34,91	1,19	3,28	10,86	6,43	1,65	31,01	1185,94	549,24	45,62
	Verão	794,30	34,07	1,03	3,10	9,47	5,39	1,29	23,66	1344,45	615,16	37,57
	Outono	417,52	18,36	0,52	1,42	4,69	2,86	0,61	15,59	697,4	351,06	18,29
	Inverno	390,32	16,19	0,70	1,45	4,79	3,03	0,73	14,39	533,81	293,56	18,06
	TOTAL	2430,71	103,53	3,43	9,25	29,8	17,70	4,27	84,65	3761,6	1809,01	119,54
TOTAL PRIMAVERA		1232,78	51,34	1,84	5,01	14,96	8,78	2,33	49,63	1844,68	1013,57	78,26
TOTAL VERÃO		1312,84	53,57	1,72	4,86	14,54	8,23	1,90	41,75	2285,45	1141,35	68,19
TOTAL OUTONO		593,18	25,47	0,79	2,12	6,64	3,93	0,88	23,48	1044,67	586,87	29,72
TOTAL INVERNO		528,34	22,17	1,03	2,30	6,35	3,93	1,00	22,04	736,52	633,50	28,00
<b>SERAPILHEIRA TOTAL</b>		<b>3667,13</b>	<b>152,55</b>	<b>5,34</b>	<b>14,28</b>	<b>42,49</b>	<b>24,85</b>	<b>6,10</b>	<b>136,87</b>	<b>5911,33</b>	<b>3375,28</b>	<b>204,15</b>

FONTE: O autor (2013)

O padrão temporal de aporte de micronutrientes foi semelhante aos macronutrientes, maior nas folhas depositadas na primavera e verão e menor nos órgãos reprodutivos depositados no outono. A quantidade aportada pelo Mn variou de 17,5 e 1344,5 g.ha<sup>-1</sup>, enquanto no Fe os valores oscilaram entre 14,4 e 615,2 g.ha<sup>-1</sup>. Para o Zn, a variação na quantidade depositada por estação ficou entre 0,9 e 45,6 g.ha<sup>-1</sup>, já para o Cu a variação foi de 1,0 e 31,0 g.ha<sup>-1</sup>.

Dentre os macronutrientes, a ordem de devolução de nutrientes ao solo foi a seguinte: C>N>Ca>Mg>K>Na>P. Silva (1984) obteve a sequência N>Ca>K>Mg>P>Na em floresta de terra firme na Amazônia; e Bertalot *et al.* (2004) obtiveram a mesma ordem em plantios de leguminosas. Rocha (2006) encontrou diferença no aporte de macronutrientes entre as fases de sucessão da Floresta Atlântica, sendo a ordem Ca>N>Mg>K>P>Na na floresta secundária menos desenvolvida, enquanto nas outras fases, a quantidade de N superou a de Ca, o que é mais comum para florestas tropicais. Souza e Davide (2001) observaram a mesma sequência em floresta decídua, sendo que os autores atribuíram o alto teor de Ca à elevada deposição de galhos finos, com alta concentração deste nutriente.

Para os micronutrientes, a sequência encontrada foi Mn>Fe>Zn>Cu, também com pouca diferença entre o Zn e o Cu. A mesma ordem de aporte de micronutrientes foi verificada nos estudos de Silva (1984) e Dickow (2010). O aporte de Fe, e especialmente de Mn, foi elevado, sendo que na floresta secundária mais desenvolvida superou o macronutriente P. Particularmente no caso do Mn, foi observado que na floresta secundária mais desenvolvida os teores deste elemento são muito superiores aos observados nas outras parcelas de estudo. Os baixos valores de pH favorecem a absorção deste elemento (MALAVOLTA, 1980), o que estaria facilitando sua absorção pelas plantas. Vários outros autores também identificaram valores elevados de Mn na serapilheira florestal (CORRÊA, 2006; ROCHA, 2006; SCHEER, 2006; DICKOW, 2010), o que sugere a sua lenta liberação da fitomassa depositada sobre o solo; e cuja acumulação, ao longo do tempo, contribuiria para aumentar os estoques deste elemento no solo florestal.

O aporte anual de grande parte dos nutrientes em função das frações apresentou a seguinte ordem: folhas>restos>ramos>órgãos reprodutivos. Em outros trabalhos desenvolvidos em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Rocha (2006) e Dickow (2010) obtiveram resultados um pouco diferentes, com a fração

ramos aportando mais nutrientes que os restos. No entanto, Calvi, Pereira e Espíndula Júnior (2009) encontraram a sequência de aporte de nutrientes: folhas>ramos>material reprodutivo>restos, sendo que o maior aporte de nutrientes pela fração galhos se deu principalmente pela maior deposição deste material em relação aos órgãos reprodutivos e restos.

As maiores quantidades de nutrientes foram depositadas nas estações quentes (primavera e verão), o que está relacionado com a quantidade de serapilheira depositada nessas estações. Esse padrão de deposição de nutrientes também foi verificado em outros estudos envolvendo sucessão secundária de Floresta Atlântica (BARBOSA e FARIA, 2006; CALVI, PEREIRA E ESPÍNDULA JÚNIOR, 2009). No entanto, Dickow (2010) não encontrou influência estacional no aporte de nutrientes em seus estudos.

A comparação do aporte dos bioelementos depositados nas três áreas de floresta secundária (FIGURA 15) mostra que houve aumento na quantidade de nutrientes depositada no solo em função do avanço da sucessão, para grande parte dos macronutrientes. Com relação aos micronutrientes, as menores quantidades foram aportadas na FS-2 e maiores na FS-3 para Fe, Cu e Zn. Para o Mn, a menor quantidade foi aportada na FS-1, havendo crescimento para as outras florestas secundárias. Em geral, o aumento no aporte dos micronutrientes foi proporcional à quantidade de serapilheira depositada, tendo sido menor na FS-1.

A quantidade anual de N depositada aumentou com o avanço da sucessão, sendo de 115,6, 121,2 e 152,6 kg.ha<sup>-1</sup> nas áreas FS-1, FS-2 e FS-3, respectivamente. O aporte de N, especialmente na floresta secundária mais desenvolvida, é relativamente alto quando comparado a outros estudos realizados. Silva (1984) obteve 126 kg.ha<sup>-1</sup> em floresta de terra firme na Amazônia, enquanto Hinkel (2002) encontrou 104 kg.ha<sup>-1</sup> em Floresta Atlântica. Esses valores foram superiores aos encontrados por Calvi, Pereira e Espíndula Júnior (2009), de 40,2 kg.ha<sup>-1</sup>, Barbosa e Faria (2006), de 49,8 kg.ha<sup>-1</sup> e Bizuti (2011), que obteve valores entre 60 e 80 kg.ha<sup>-1</sup>. Em se tratando de sucessão secundária, Rocha (2006) obteve valores entre 32 e 80 kg.ha<sup>-1</sup> nas diferentes fases, e Dickow (2010) obteve aporte entre 70 e 97 kg.ha<sup>-1</sup>, sendo que em ambos os casos a maior quantidade foi depositada nas áreas com floresta secundária intermediária.

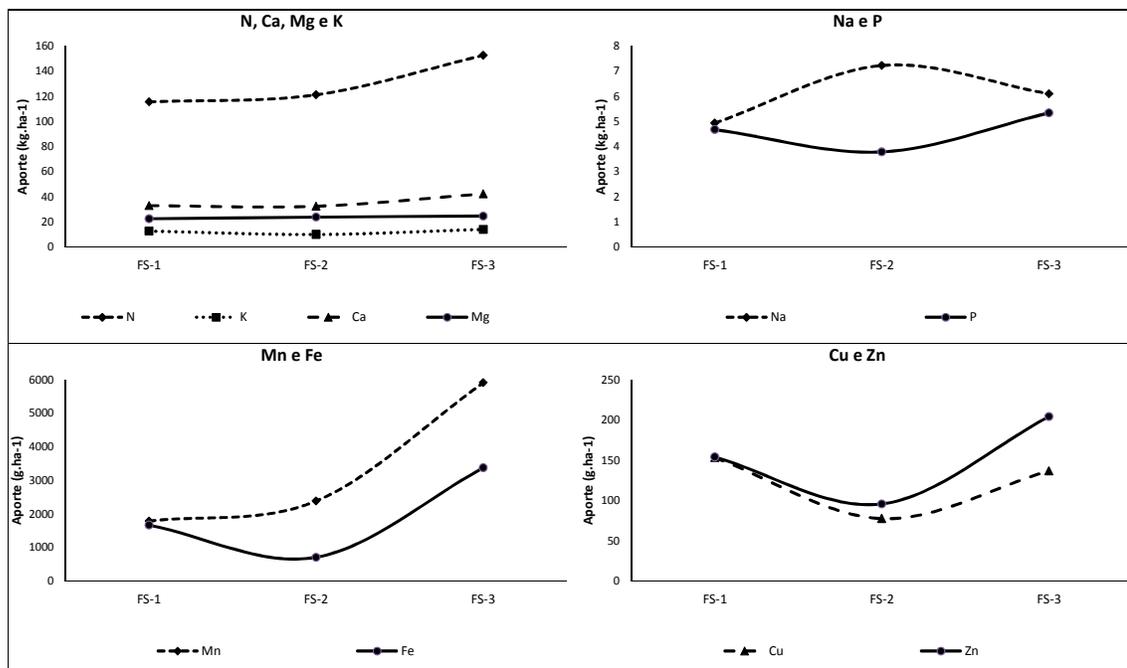


FIGURA 15 – COMPARAÇÃO DO APORTE DE NUTRIENTES EM TRÊS FORMAÇÕES SECUNDÁRIAS EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA EM ANTONINA, PR

FONTE: O autor (2013)

O aporte de P foi o menor dentre os macronutrientes nas três áreas, sendo em alguns casos menor que o teor de Mn, que é um micronutriente. No entanto, alguns estudos reportaram resultados semelhantes ou menores (SILVA, 1984; BARBOSA e FARIA, 2006; BIZUTI, 2011). Provavelmente, a pequena quantidade deste elemento nas frações de serapilheira deve-se à baixa disponibilidade do nutriente no solo, sendo que o P é um dos elementos mais limitantes à fertilidade dos solos no Brasil (MALAVOLTA, 1980). Isso é mais problemático para as culturas anuais, pois em florestas nativas, geralmente com crescimento lento e com alta resiliência, a baixa disponibilidade de P não chega a afetar o desenvolvimento das árvores. No entanto, as plantas absorvem pouca quantidade do nutriente, e isso acaba por diminuir a sua concentração na serapilheira depositada. Além disso, o P é um nutriente de elevada redistribuição interna, sendo que grande parte do mesmo se encontra nas folhas jovens, em plena atividade metabólica (NEVES, MARTINS E REISSMANN, 2001).

A diferença de quantidade de P e Na depositada foi pequena nas áreas FS-1 e FS-3, porém na área FS-2 o aporte de Na foi consideravelmente maior que o de P. Esse maior aporte de sódio na floresta secundária intermediária está relacionado à

posição geográfica da parcela, localizada na encosta de uma montanha voltada para o mar, recebendo quantidades consideráveis de Na via spray marinho.

## 4 CONCLUSÕES

O teor dos elementos minerais na serapilheira depositada variou de acordo com as frações, e para cada fração, entre as estações do ano. Para o C, houve pouca variação entre as estações e frações, enquanto o N apresentou diferenças entre as frações, com maiores valores para as folhas e restos. Como consequência, essas frações apresentaram menor relação C/N, o que deve favorecer a sua decomposição.

Com relação aos macronutrientes (exceto N) e Na, também houve variação entre as frações. No geral, a fração ramos apresentou menor concentração destes elementos, comportamento comum em tecidos lenhosos. O K foi superior nos órgãos reprodutivos, provavelmente devido a sua menor lixiviação neste tipo de material, enquanto o Mg foi maior nas folhas, onde está presente na clorofila. O P apresentou valores relativamente baixos, em parte devido a sua redistribuição interna na planta durante a senescência dos tecidos vegetais. Os micronutrientes Mn e Fe apresentaram valores relativamente altos.

As interações significativas nas concentrações de macro e micronutrientes e Na entre as frações e estações do ano podem ser explicadas de diferentes maneiras. Alguns nutrientes, como o N, K e o Cu, apresentaram maiores valores no inverno, o que está ligado à menor precipitação nesse período, tendo em vista a elevada mobilidade desses elementos nos tecidos das plantas, facilitando sua lixiviação.

A quantidade de nutrientes aportada ao solo apresentou a mesma tendência observada para deposição de fitomassa, tanto com relação ao fator estacional, quanto com relação ao fator frações. Para a maior parte dos nutrientes, as quantidades aportadas aumentaram com o desenvolvimento da floresta.

## REFERÊNCIAS

ANDRAE, F. H. **Ecologia Florestal**. Santa Maria: UFSM, 1978. 299 p.

ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994. 236p.

BARBOSA, J. H. C.; FARIA S. M.. Aporte de serrapilheira ao solo em estágio sucessionais florestais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguesia**, v.57, n.3, p.461-476. 2006.

BERTALOT, M. J. A.; GUERRINI, E. A.; MENDOZA, E.; DUBOC, E.; BERREIROS, R. M.; CORRÊA, F. M. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serrapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu-SP. **Scientia Forestalis**, v.65, p.219-227, 2004.

BIZUTI, D. T. G. **Ciclagem do fósforo em Floresta Densa dos Núcleos de Picinguaba e Santa Virgínia – SP**. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011. 113p.

BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C.; REISSMANN, C. B. Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.19, p.167-181, 2005.

CALVI, G. P.; PEREIRA, M. G.; ESPÍNDULA JÚNIOR, A. Produção de serrapilheira e aporte de nutrientes em áreas de floresta atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 131-138, 2009.

CORRÊA, D. R. **Horizontes orgânicos sob Floresta Ombrófila Densa no Litoral Paranaense**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007. 90 f.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

DICKOW, K. M. C.; MARQUES, R.; PINTO, C. B. Lixiviação de nutrientes da serapilheira recém-depositada em sucessão ecológica na Floresta Atlântica, litoral do Paraná. **Floresta**, n.39, p.145-156. 2008.

DICKOW, K. M. C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. 215 f.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006. 403 p. 3 ed.

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

FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.

GERMANO-FILHO, P. Estudos taxonômicos do gênero *Bathysa* C. Presl. (Rubiaceae, Rondeletieae) no Brasil. **Rodriguésia**, v.50, p.49-75, 1999.

GIÁCOMO, R. Guimarães. **Fitossociologia, aporte de serapilheira, estoques de carbono e nitrogênio em diferentes formações vegetais na Estação Ecológica de Pirapitinga – MG**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009. 144 f.

HINKEL, R. **Aspectos da ciclagem de nutrientes de dois estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Ilha de Santa Catarina, SC**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. 164 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, C. G.; OLIVEIRA, A. C. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 pg. 2. ed.

MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agraria**, v.8, n.1, 2007. P.1-17.

MARTINS, K. G. **Deposição e decomposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas sobre solos hidromórficos na estação ecológica da Ilha do Mel - PR.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004. 126.

MOTTA, A. C. V.; MONTE SERRA, B.; REISSMAN, C. B.; DIONÍSIO, J. A. **Micronutrientes na rocha, no solo e na planta.** Curitiba: UFPR, 2007. 246 p.

NEVES, E. J. M.; MARTINS, E. G.; REISSMANN, C. B. Deposição de serapilheira e de nutrientes de duas espécies da Amazônia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.43, p.47-60, 2001.

ODUM, E. P. 1988. **Ecologia.** Rio de Janeiro, Guanabara. 434p.

PINTO, C. B. **Contribuição de espécies arbóreas para a ciclagem de nutrientes em sucessão vegetal na Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001, 68f.

PINTO, C. B.; MARQUES, R. Aporte de nutrientes por frações da serapilheira em sucessão ecológica de um ecossistema da Floresta Atlântica. **Revista Floresta**, v.33, n.3, p.257-264, 2003.

PROTIL, C. **Contribuição de quatro espécies arbóreas ao ciclo biogeoquímico em Floresta Atlântica na planície litorânea do Paraná.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 127 f.

ROCHA, A. A. **Deposição de fitomassa e nutrientes, acumulação e decomposição de serapilheira em três tipologias da Floresta Atlântica, Paranaguá, PR.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 113 f.

SCHEER, M. B. **Ciclagem de nutrientes em um trecho de Floresta Ombrófila Densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba, PR.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 155 f.

SILVA, M. F. F. Produção anual de serapilheira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme, Tucuruí-PA. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v.1, n.1/2, p.111-158, 1984.

SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*), eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Cerne**, v.7, n.1, p.101-113, 2001.

TOLEDO, L. O. PEREIRA, M. G. MENEZES, C. E. G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.2, p.9-16, 2002.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. P. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Editora ARTMED, 2006. 592 pg. 2.ed.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ciclagem de nutrientes é um processo tão complexo quanto as relações entre os organismos do ambiente na qual está inserida. Trata-se de um evento cíclico, onde ocorre a transferência de material orgânico e nutrientes minerais, *a priori*, da vegetação para o solo. Posteriormente, essa matéria orgânica é mineralizada e disponibilizada às plantas, que absorvem os nutrientes minerais do solo. Esse ciclo ocorre em todas as florestas, com maior velocidade nas florestas tropicais.

O período de estudo, de apenas um ano, pode ter mascarado algumas características intrínsecas de como a ciclagem biogeoquímica se desenvolve com o avanço da sucessão secundária, principalmente com relação às variações temporais da deposição de serapilheira e nutrientes. No entanto, a maior parte dos resultados obtidos nesse trabalho é similar aos outros trabalhos desenvolvidos na Floresta Atlântica, garantindo a qualidade dos resultados obtidos.

A formação Submontana da Floresta Ombrófila Densa é a que apresenta a maior diversidade e riqueza de espécies vegetais. Grande parte dessa biodiversidade está atrelada às condições ambientais favoráveis, principalmente as altas temperaturas e precipitação abundante e bem distribuída ao longo do ano. O solo, porém, apresenta fertilidade natural relativamente baixa, que é suprida em grande parte pela ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta para a manutenção do funcionamento biogeoquímico desse ecossistema. Essa manutenção da fertilidade do solo pela ciclagem de nutrientes, no entanto, acontece muito lentamente, e sua manutenção depende da continuidade da cobertura florestal dessas áreas.

Algumas espécies de sub-bosque, apesar de depositarem pouca serapilheira em termos de quantidade, contribuem significativamente para o aporte de nutrientes ao solo. Essas espécies devem ser objeto de pesquisas mais aprofundadas, a respeito de sua contribuição para a ciclagem biogeoquímica da Floresta Atlântica.