

CELSA ZANUNCIO PROTIL

**CONTRIBUIÇÃO DE QUATRO ESPÉCIES ARBÓREAS AO CICLO
BIOGEOQUÍMICO EM FLORESTA ATLÂNTICA NA
PLANÍCIE LITORÂNEA DO PARANÁ**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Conservação da Natureza, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador: **Prof. Dr. Renato Marques**

Co-orientador: **Prof. Dr. Carlos B. Reissmann**

**CURITIBA
2006**

AGRADECIMENTOS

Ao professor Renato Marques pela orientação, incentivo, apoio e amizade durante todas as etapas da elaboração deste trabalho.

Ao professor Carlos Bruno Reissmann, pelas valiosas sugestões e correções.

Ao professor Roberto Max Protil pela indispensável ajuda na análise estatística dos dados.

Aos membros da comissão examinadora pelas oportunas sugestões que muito enriqueceram este trabalho.

Aos amigos que fiz durante o curso e que de muitas formas me ajudaram a concluir esta pesquisa.

Ao curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao técnico Aldair Marty Munhoz pela orientação na realização das análises químicas e ao Wilson pela ajuda nas coletas de campo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e ao Ministério da Educação e Pesquisa da República Federal da Alemanha (BMBF) pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

Ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) pela concessão de uso da área em estudo.

Meus sinceros agradecimentos a todos que me ajudaram e apoiaram.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	viii
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 FLORESTA OMBRÓFILA DENSA.....	3
2.2 PLANÍCIE LITORÂNEA DO ESTADO DO PARANÁ.....	4
2.2.1 Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas.....	4
2.2.2 Formação Pioneira de Influência Marinha (Restinga).....	6
2.3 SUCESSÃO FLORESTAL.....	7
2.4 CICLAGEM DE NUTRIENTES.....	9
2.4.1 Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais.....	10
2.4.2 Ciclagem de nutrientes via precipitação pluviométrica.....	12
2.4.3 Ciclagem de nutrientes via deposição da fitomassa.....	16
2.4.4 Teores de nutrientes e ciclagem bioquímica nas folhas.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.2 DESCRIÇÃO DAS TIPOLOGIAS FLORESTAIS ESTUDADAS.....	25
3.2.1 Tipologia florestal inicial.....	26
3.2.2 Tipologia florestal média.....	27
3.2.3 Tipologia florestal avançada.....	28
3.3 HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	29
3.4 CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS DAS ESPÉCIES EM ESTUDO.....	30
3.4.1 <i>Ilex theezans</i> Mart.....	30
3.4.2 <i>Andira anthelminthica</i> Benth.....	31
3.4.3 <i>Ocotea pulchella</i> Mart.....	32
3.4.4 <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.....	33
3.5 AMOSTRAGEM DE FOLHAS VERDES, FOLHAS DE SERAPILHEIRA E	

PRECIPITAÇÃO INTERNA.....	34
3.5.1 Coleta de folhas verdes.....	34
3.5.2 Coleta de folhas de serapilheira.....	39
3.5.3 Coleta da precipitação interna.....	40
3.6 ANÁLISES QUÍMICAS.....	43
3.6.1 Folhas verdes e folhas de serapilheira.....	43
3.6.2 Precipitação interna.....	44
3.7 REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES DAS FOLHAS VERDES.....	44
3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1 AVALIAÇÃO DA LAVAGEM DAS FOLHAS SOBRE OS TEORES DE BIOELEMENTOS PRESENTES NESTAS FOLHAS.....	48
4.2 TEORES DE BIOELEMENTOS NAS FOLHAS VERDES DAS ESPÉCIES ARBÓREAS.....	50
4.3 DEPOSIÇÃO DE FOLHAS DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS.....	69
4.4 TEORES DE BIOELEMENTOS NAS FOLHAS DA SERAPILHEIRA E CORRELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO INTERNA.....	73
4.5 REDISTRIBUIÇÃO DE BIOELEMENTOS DAS FOLHAS VERDES.....	78
4.6 QUANTIDADE DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E INTERCEPTAÇÃO NAS COPAS DAS ÁRVORES.....	81
4.7 TEORES DE ELEMENTOS MINERAIS NA PRECIPITAÇÃO INTERNA...	88
4.7.1 Teores dos bioelementos na precipitação interna e externa e interação à nível de copa.....	91
4.8 QUANTIDADE DE ELEMENTOS MINERAIS NA PRECIPITAÇÃO INTERNA.....	100
4.9 DENDROGRAMAS DOS TEORES DOS BIOELEMENTOS PARA FOLHAS VERDES, FOLHAS DE SERAPILHEIRA E SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA.....	103
5 CONCLUSÕES.....	112
REFERÊNCIAS.....	114
ANEXOS.....	128

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –	GRANULOMETRIA DA CAMADA DE 0-8 cm DE PROFUNDIDADE NAS TIPOLOGIAS FLORESTAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO.....	24
TABELA 2 –	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA CAMADA DE 0-5 cm NAS TIPOLOGIAS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO.....	24
TABELA 3 –	DATAS DE COLETA DE FOLHAS VERDES, FOLHAS DE SERAPILHEIRA E PRECIPITAÇÃO INTERNA NAS TIPOLOGIAS FLORESTAIS INI, MED E AVA DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO.....	35
TABELA 4 -	TEORES DE BIOELEMENTOS EM FOLHAS VERDES LAVADAS E NÃO LAVADAS DAS DIFERENTES ESPÉCIES NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS E TESTES DE HOMOGENEIDADE E COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA OS BIOELEMENTOS.....	49
TABELA 5 -	TEORES MÉDIOS DE BIOELEMENTOS NAS FOLHAS VERDES DAS ESPÉCIES ARBÓREAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS (g/kg).....	50
TABELA 6 -	TEORES MÉDIOS DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg.....	54
TABELA 7 -	TEORES MÉDIOS DE FÓSFORO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg.....	54
TABELA 8 -	TEORES MÉDIOS DE POTÁSSIO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg.....	60
TABELA 9 -	TEORES MÉDIOS DE CÁLCIO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg.....	60
TABELA 10 -	TEORES MÉDIOS DE MAGNÉSIO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg.....	63

TABELA 11 -	TEORES MÉDIOS DE SÓDIO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg.....	63
TABELA 12 -	TEORES MÉDIOS DE ALUMÍNIO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg.....	66
TABELA 13 -	TEORES DE BIOELEMENTOS EM g/Kg NAS FOLHAS DE ALGUMAS ESPÉCIES ARBÓREAS DE FLORESTAS TROPICAIS.....	68
TABELA 14 -	FITOMASSA DE FOLHAS DE SERAPILHEIRA DEPOSITADA (kg/ha^{-1}) E PERCENTAGEM PARA CADA ESPÉCIE EM FUNÇÃO DO TOTAL DEPOSITADO (%), AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO NAS TIPOLOGIAS FLORESTAIS DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO.....	70
TABELA 15 -	TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES E SÓDIO NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA EM g/kg.....	74
TABELA 16 -	ESTIMATIVA DO PERCENTUAL DE BIOELEMENTOS REDISTRIBUÍDOS DAS FOLHAS VERDES DAS QUATRO ESPÉCIES NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS AMOSTRADAS	79
TABELA 17 -	PRECIPITAÇÃO EXTERNA E PRECIPITAÇÃO INTERNA SOB AS ESPÉCIES ARBÓREAS, NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS DE OUTUBRO/2004 A SETEMBRO/2005 AO LONGO DAS ESTAÇÕES CLIMÁTICAS.....	82
TABELA 18 -	COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DOS TEORES (mg/L) DE ELEMENTOS MINERAIS NAS SOLUÇÕES DE PRECIPITAÇÃO INTERNA, ENTRE TIPOLOGIAS FLORESTAIS E ESPÉCIES.....	89
TABELA 19 -	COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DAS MÉDIAS DOS TEORES DE ELEMENTOS MINERAIS EM mg/L NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA.....	94
TABELA 20 -	CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO (Na) NA PRECIPITAÇÃO EXTERNA E NA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM mg/L, SOB AS ESPÉCIES DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS E ESTIMATIVA DA INTERAÇÃO COM A COPA DAS ÁRVORES.....	95

TABELA 21 -	CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO (K) NA PRECIPITAÇÃO EXTERNA E NA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM mg/L, SOB AS ESPÉCIES DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS E ESTIMATIVA DA INTERAÇÃO COM A COPA DAS ÁRVORES.....	96
TABELA 22 -	CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO (Ca) NA PRECIPITAÇÃO EXTERNA E NA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM mg/L, SOB AS ESPÉCIES DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS E ESTIMATIVA DA INTERAÇÃO COM A COPA DAS ÁRVORES.....	97
TABELA 23 -	CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO (Mg) NA PRECIPITAÇÃO EXTERNA E NA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM mg/L, SOB AS ESPÉCIES DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS E ESTIMATIVA DA INTERAÇÃO COM A COPA DAS ÁRVORES.....	98
TABELA 24 -	CONCENTRAÇÃO DE NITRATO (N-NO ₃) NA PRECIPITAÇÃO EXTERNA E NA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM mg/L, SOB AS ESPÉCIES DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS E ESTIMATIVA DA INTERAÇÃO COM A COPA DAS ÁRVORES.....	99
TABELA 25 -	QUANTIDADE DE ELEMENTOS MINERAIS (kg/ha/ano) NA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM ECOSSISTEMAS FLORESTAIS.....	102

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

MAPA 1 –	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	22
MAPA 2 –	TEMPERATURA MÉDIA ANUAL NO ESTADO DO PARANÁ. SÉRIES CONTÍNUAS DE DADOS DIÁRIOS OBSERVADOS ENTRE 1972 A 1998.....	23
MAPA 3 –	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NO ESTADO DO PARANÁ. SÉRIES CONTÍNUAS DE DADOS DIÁRIOS OBSERVADOS ENTRE 1972 A 1998.....	23
MAPA 4 –	ESTADO ATUAL DA CONSERVAÇÃO DA FLORESTA DA MESOREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.....	25
QUADRO 1 -	DENSIDADE RELATIVA (DR), FREQUÊNCIA RELATIVA (FR), DOMINÂNCIA RELATIVA (DomR), NÚMERO DE INDIVÍDUOS (N.º IND.) E ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTÂNCIA (IVI) DAS ESPÉCIES SELECIONADAS PARA ESTUDO, NAS TIPOLOGIAS FLORESTAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA, DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO.....	26
FIGURA 1 –	VISTA DA TIPOLOGIA FLORESTAL INICIAL LOCALIZADA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO.....	27
FIGURA 2 –	VISTA DA TIPOLOGIA FLORESTAL MÉDIA LOCALIZADA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO.....	28
FIGURA 3 –	VISTA DA TIPOLOGIA FLORESTAL AVANÇADA LOCALIZADA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO.....	29
FIGURA 4 –	<i>Ilex theezans</i> Mart.....	30
FIGURA 5 –	<i>Andira anthelminthica</i> Benth.....	31
FIGURA 6 –	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.....	32
FIGURA 7 –	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.....	33
FIGURA 8 –	LOCALIZAÇÃO DA PARCELA EXPERIMENTAL DA TIPOLOGIA FLORESTAL INICIAL	36
FIGURA 9 –	LOCALIZAÇÃO DA PARCELA EXPERIMENTAL DA TIPOLOGIA FLORESTAL MÉDIA	37
FIGURA 10 –	LOCALIZAÇÃO DA PARCELA EXPERIMENTAL DA TIPOLOGIA FLORESTAL AVANÇADA	38

FIGURA 11 –	COLETOR DE SERAPILHEIRA INSTALADO NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO.....	40
FIGURA 12 –	FUNIS, MANGUEIRA E RECIPIENTE COLETOR DE PRECIPITAÇÃO INTERNA, INSTALADOS NA TIPOLOGIA FLORESTAL INICIAL DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO.....	42
FIGURA 13 -	FUNIS, MANGUEIRA E RECIPIENTE COLETOR DE PRECIPITAÇÃO INTERNA, INSTALADOS NA TIPOLOGIA FLORESTAL MÉDIA DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO.....	42
FIGURA 14 -	MANGUEIRA E RECIPIENTE COLETOR DE PRECIPITAÇÃO INTERNA, INSTALADOS NA TIPOLOGIA FLORESTAL AVANÇADA DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO.....	43
FIGURA 15 -	TEOR DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.....	51
FIGURA 16 -	TEOR DE FÓSFORO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.....	55
FIGURA 17 -	TEOR DE POTÁSSIO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.....	56
FIGURA 18 -	TEOR DE CÁLCIO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.....	58
FIGURA 19 -	TEOR DE MAGNÉSIO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.....	61
FIGURA 20 -	TEOR DE SÓDIO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.....	64
FIGURA 21 -	TEOR DE ALUMÍNIO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.....	65
FIGURA 22 -	FITOMASSA DE FOLHAS DE SERAPILHEIRA NA TIPOLOGIA FLORESTAL INICIAL, EM FUNÇÃO DAS DATAS DE COLETA.	72

FIGURA 23 -	FITOMASSA DE FOLHAS DE SERAPILHEIRA NA TIPOLOGIA FLORESTAL MÉDIA, EM FUNÇÃO DAS DATAS DE COLETA..	72
FIGURA 24 -	FITOMASSA DE FOLHAS DE SERAPILHEIRA NA TIPOLOGIA FLORESTAL AVANÇADA, EM FUNÇÃO DAS DATAS DE COLETA.....	72
FIGURA 25 -	PRECIPITAÇÃO EXTERNA E INTERNA SOB ÁRVORES DE <i>Andira antheleminthica</i> NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, AO LONGO DO TEMPO.....	84
FIGURA 26 -	PRECIPITAÇÃO EXTERNA E INTERNA SOB ÁRVORES DE <i>Ilex theezans</i> NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, AO LONGO DO TEMPO.....	85
FIGURA 27 -	PRECIPITAÇÃO EXTERNA E INTERNA SOB ÁRVORES DE <i>Ocotea pulchella</i> NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, AO LONGO DO TEMPO.....	86
FIGURA 28 -	PRECIPITAÇÃO EXTERNA E INTERNA SOB ÁRVORES DE <i>Tapirira guianensis</i> NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, AO LONGO DO TEMPO.....	87
FIGURA 29 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE N NAS FOLHAS VERDES.....	103
FIGURA 30 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE N NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA.....	104
FIGURA 31 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE N NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA.....	104
FIGURA 32 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE P NAS FOLHAS VERDES.....	105
FIGURA 33 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE P NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA.....	105
FIGURA 34 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE K NAS FOLHAS VERDES.....	106
FIGURA 35 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE K NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA.....	106
FIGURA 36 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE K NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA.....	106
FIGURA 37 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Ca NAS FOLHAS VERDES.....	107

FIGURA 38 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Ca NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA.....	107
FIGURA 39 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Ca NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA.....	108
FIGURA 40 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Mg NAS FOLHAS VERDES.....	108
FIGURA 41 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Mg NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA.....	109
FIGURA 42 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Mg NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA.....	109
FIGURA 43 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Na NAS FOLHAS VERDES.....	110
FIGURA 44 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Na NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA.....	110
FIGURA 45 -	DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Na NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA.....	110

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a contribuição de espécies arbóreas ao ciclo biogeoquímico em três tipologias florestais (Inicial, Média e Avançada) da Floresta Atlântica na Planície Litorânea do Estado do Paraná. As três tipologias florestais se encontram sobre Espodosolos e se distinguem pela idade, diversidade florística e estrutura fitossociológica. Foram pesquisados os teores de bioelementos em folhas verdes e em folhas de serapilheira além da deposição de folhas de *Andira anthelminthica*, *Ocotea pulchella*, *Ilex theezans* e *Tapirira guianensis* e a redistribuição de bioelementos das folhas verdes para outros órgãos da planta. A precipitação interna sob a copa das árvores foi monitorada e analisada quanto ao seu volume e a sua composição em elementos minerais. As coletas de folhas verdes foram realizadas por estação do ano; para folhas de serapilheira e precipitação interna, as coletas foram realizadas a cada 21 dias. O procedimento de lavagem ou não das folhas coletadas, prévia à análise química, não afetou os teores de bioelementos nos tecidos vegetais. Os teores de N, P e K nas folhas verdes tenderam a aumentar com a idade da tipologia florestal. Os teores de Ca, Mg, Na e Al apresentaram tendência a maiores valores nas tipologias Inicial e Média. *Andira anthelminthica* foi a espécie que apresentou os maiores teores médios de N e P nas folhas verdes para as três tipologias; *Tapirira guianensis* o maior teor médio de Ca e *Ilex theezans* o maior teor médio de Na. Os teores médios de N em *Andira anthelminthica*, Ca em *Tapirira guianensis* e Na em *Ilex theezans* apresentaram-se superiores aos reportados para florestas tropicais. Para *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella* o máximo de deposição de folhas de serapilheira ocorreu no verão, coincidindo com os aumentos de precipitação e temperatura. *Tapirira guianensis* apresentou comportamento diferenciado, com máxima deposição no final do inverno. *Ilex theezans* apresentou deposição durante todo o ano, com picos de deposição no verão e no final do inverno. Nas tipologias INI e MED *Ilex theezans* apresentou quantidade de fitomassa depositada bem superior às duas outras espécies. A ordem decrescente dos teores de bioelementos em folhas verdes para *Andira anthelminthica* foi $N > Ca > K \geq Mg \geq P = Na \geq Al$; para *Ocotea pulchella* $N > Ca > K \geq Na = Mg > P = Al$; para *Ilex theezans* $N > Ca \geq Na \geq Mg \geq K > P = Al$ e para *Tapirira guianensis* $Ca = N > K = Mg > P = Na = Al$. Para folhas de serapilheira a ordem decrescente foi geralmente $N > Ca > Mg > K > Na > P$. A seqüência decrescente de redistribuição dos bioelementos dos tecidos das folhas verdes para tecidos mais jovens das árvores foi: $N > K > Na > P > Mg > Ca$. A interceptação da precipitação externa pela copa das árvores variou de 4,02% para *Ocotea pulchella* (MED) a 23,87% para *Andira anthelminthica* (AVA) e esta dentro da faixa de variação reportada para Floresta Atlântica. A ordem decrescente de entrada dos elementos minerais via precipitação interna foi $Na > K > Ca > Mg > NO_3-N$. Ocorreu tendência de maiores concentrações de elementos minerais na tipologia MED. Conclui-se que as diferentes espécies, presentes nas diferentes tipologias florestais, cumprem importante papel e contribuem de maneira distinta à ciclagem de nutrientes no ecossistema.

Palavras-chave: Floresta Ombrófila Densa; restinga; ciclagem de nutrientes; serapilheira; precipitação pluviométrica interna.

ABSTRACT

This work evaluated the nutrient cycling in three forest typologies (Initial, Intermediary and Advanced) of the Atlantic Forest in the coastal plain of Paraná State/Brazil. This area is in natural regeneration after the abandonment of agricultural culture. The forest plots, situated on a Podzol, differ from each other according their age, species diversity and phytosociologic structure. The nutrient content in green and litter leaves were evaluated, as well litterfall biomass of *Andira anthelminthica*, *Ocotea pulchella*, *Ilex theezans* and *Tapirira guianensis*. Mobilization of bioelements from green leaves to other plant tissues was estimated. Throughfall under trees canopies was evaluated and analyzed for mineral elements. Sampling of green leaves were carried through every station of the year, and sampling of litterfall and throughfall were carried through every 21 days. The washing of leaves with deionized water, before nutrient analysis, did not affected nutrient content in the tissues. N, P and K content in green leaves tend to increase following forest age, and Ca, Mg, Na and Al content tend to be higher in the Initial and intermediary typologies. *Andira anthelminthica* showed the highest N and P content in green leaves for all typologies; *Tapirira guianensis* presented the highest average value for Ca content, and *Ilex theezans* the highest Na content. The average values of N in *Andira anthelminthica*, Ca in *Tapirira guianensis* and Na in *Ilex theezans* showed to be superior to that reported for tropical forests. For *Andira anthelminthica* and *Ocotea pulchella* the litterfall maximum values occurred during Summer, when precipitation and temperature are normally higher. *Tapirira guianensis* presented a different behavior, with maximum deposition in the end of Winter. *Ilex theezans* showed deposition during all the year, with peaks of deposition in Summer and end of Winter. In the Initial and Intermediary typologies, *Ilex theezans* presented a higher amount of litterfall than the two other species. The decreasing order of elements content in green leaves for *Andira anthelminthica* was $N > Ca > K \geq Mg \geq P = Na \geq Al$; for *Ocotea pulchella* was $N > Ca > K \geq Na = Mg > P = Al$; for *Ilex theezans* was $N > Ca \geq Na \geq Mg \geq K > P = Al$, and for *Tapirira guianensis* was $Ca = N > K = Mg > P = Na = Al$. For litterfall leaves, the decreasing order was generally $N > Ca > Mg > K > Na > P$. The decreasing sequence of nutrient mobilization from green leaves to other plant tissues was $N > K > Na > P > Mg > Ca$. Canopy interception of the external precipitation varied from 4,02%, for *Ocotea pulchella* (Intermediary), to 23.87%, for *Andira anthelminthica* (Advanced), and values are similar to that reported for Atlantic forest. The decrescent order of elements in throughfall was $Na > K > Ca > Mg > NO_3-N$, and it was observed a tendency of higher values in the Intermediary typologie. For the whole nutrient cycle in the forest the different species play a very important and distinct contribution.

Key-words: Atlantic forest; “restinga” forest; nutrient cycling; litterfall; throughfall.

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais apresentam elevada diversidade de espécies vegetais com altas taxas de endemismo e uma enorme variabilidade ambiental. A Floresta Atlântica é a segunda floresta tropical mais ameaçada do mundo, atrás somente das florestas de Madagascar, no leste da África (IUCN,1991), ocupando posição prioritária nos esforços mundiais para a conservação da sua biodiversidade.

A Floresta Atlântica abrange um conjunto de tipologias vegetais, localizado na faixa litorânea brasileira desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul (IBGE,1992), representado principalmente pela Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional e encaves de campos e brejos de altitude (Região Nordeste), associado também a ecossistemas costeiros de restinga, mussunungas e mangues (UNICAMP,1992). Conforme o Decreto Lei 750/93, a Mata Atlântica abrange formações florestais e ecossistemas associados, a saber: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual, manguezais, restingas e campos de altitude associados, brejos interioranos e encaves florestais da Região Nordeste.

Originalmente, a Floresta Atlântica ocupava cerca de 12% do território brasileiro (1.290.000 km²), mas, após 500 anos de utilização contínua, restam apenas cerca de 4% da área original de florestas primárias e outros 4% de florestas secundárias. Apesar da destruição, a Floresta Atlântica ainda abriga um dos mais importantes conjuntos de plantas e animais entre todas as formações vegetais do mundo (COSTA, 2006).

As florestas tropicais, normalmente assentadas sobre solos muito intemperizados e lixiviados, estão entre os ecossistemas mais produtivos e de maior biomassa do planeta (LIETH, 1975). A manutenção destas florestas está baseada na eficiente ciclagem e acumulação de nutrientes na biomassa viva (GOLLEY, 1996), evitando perdas excessivas dos nutrientes por lixiviação. Apesar da elevada precipitação ao longo do ano, somente pequenas quantidades de elementos químicos são carregadas nas águas de drenagem (GOLLEY *et al.*, 1978). Estudos mostram que, a despeito da aparente robustez dos sistemas florestais tropicais (LUGO, 1995), eles tornam-se frágeis e improdutivos quando ocorre a intervenção humana excessiva, seja para exploração madeireira ou para uso agrícola.

Conhecer melhor a dinâmica do funcionamento, no que diz respeito ao crescimento e à ciclagem biogeoquímica dos nutrientes nas florestas tropicais, é indispensável para que se possa, não apenas preservar os últimos remanescentes de florestas, como também aplicar técnicas de manejo visando à recomposição de áreas degradadas que, por motivos diversos, como o empobrecimento das propriedades físico-químicas do solo, queda na quantidade e poder de germinação das sementes, condições inadequadas de luminosidade, entre outras, levaria este sistema a uma recuperação muito lenta e possivelmente à perda de muitas espécies originalmente presentes.

Esta é uma das metas do Projeto Solobioma (Biota do Solo e Biogeoquímica na Mata Atlântica do Paraná), projeto de cooperação internacional (Brasil-Alemanha) que estuda a ecologia e a diversidade biológica de vários ecossistemas florestais no litoral do Paraná.

O presente estudo, que fez parte do Projeto Solobioma, teve como objetivo geral avaliar a contribuição de espécies arbóreas de alto valor de importância, no ciclo biogeoquímico em três tipologias florestais de Floresta Atlântica. Os objetivos específicos foram:

- a) avaliar o efeito de lavagem com água deionizada na composição química das folhas das espécies selecionadas;
- b) determinar o teor de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), Na e Al em folhas verdes e folhas de serapilheira de quatro espécies arbóreas, em três tipologias florestais, nas quatro estações do ano;
- c) estimar a quantidade e sazonalidade da deposição de folhas de serapilheira das espécies selecionadas nas diferentes estações do ano;
- d) estimar a redistribuição (ciclagem bioquímica) de nutrientes dos tecidos foliares das espécies selecionadas;
- e) quantificar a precipitação interna nas três tipologias em estudo;
- f) determinar a concentração de NO_3^- -N, H_2PO_4^- -P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ da solução de precipitação interna das copas das espécies selecionadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FLORESTA OMBRÓFILA DENSA

O termo Floresta Ombrófila Densa foi criado por MUELLER-DOMBOIS e ELLEMBERG (1974) e veio substituir designações anteriores como Floresta Pluvial Tropical. Ombrófila e Pluvial são sinônimos, sendo a primeira de origem grega e a segunda de origem latina, ambas com o mesmo significado, “amigo das chuvas” (IBGE, 1992).

A Floresta Ombrófila Densa possui sua vegetação caracterizada por macro e mesofanerófitas, por lianas lenhosas e epífitas em abundância, grande variedade de espécies e árvores de grande altura. O caráter ombrotérmico da floresta está relacionado a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e de alta precipitação em torno de 1500 mm/ano (URURAHY *et al.*, 1984), bem distribuída durante o ano. Na Floresta Ombrófila Densa predominam solos do tipo Latossolos e os Argissolos (podzólicos) com características distróficas, originados de granitos e gnaisses e, também, de arenitos com derrames vulcânicos de variados períodos geológicos (IBGE, 1992).

A Floresta Ombrófila Densa ocupa parte do espaço amazônico e estende-se pela costa atlântica, desde o Rio Grande do Norte até o Espírito Santo, quando, então, ocorre em bolsões contidos entre o litoral e as serras pré-cambrianas marginais ao oceano, ampliando a sua área de ocorrência sobre as encostas das mesmas até Osório, no Rio Grande do Sul (IBGE, 1998).

Conforme listagem elaborada por Roberto M. Klein, a partir de material por ele depositado no Herbário Barbosa Rodrigues de Itajaí (SC), estima-se em 708 espécies a flora arbórea da Floresta Ombrófila Densa da Região Sul, sendo que 50% são endêmicas (LEITE, 1994).

A ocorrência da Floresta Ombrófila Densa no Paraná contempla a Serra do Mar, toda a planície litorânea (incluindo as ilhas interiores) e parte do Vale do Ribeira com aproximadamente 11.100 km², englobando 15 municípios, desde o litoral até parte do primeiro planalto (SEMA, 2002).

A Floresta Ombrófila Densa foi dividida em cinco formações, ordenadas segundo hierarquia topográfica, que refletem fisionomias diferentes, de acordo com

variações ecotípicas resultantes de ambientes distintos: Formação Aluvial, Formação das Terras Baixas, Formação Submontana, Formação Montana e Formação Alta Montana (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991).

2.2 A PLANÍCIE LITORÂNEA DO ESTADO DO PARANÁ

No litoral do Paraná destacam-se dois domínios geológicos: o escudo cristalino (representado pela Serra do Mar) e a planície litorânea (representada por sedimentos continentais e costeiros) (ANGULO, 1992).

A planície litorânea apresenta cerca de 10 a 20 km de largura, atingindo o máximo de 50 km na baía de Paranaguá, com altitude que vai de 0 a 10 m a.n.m.. As principais formações da planície litorânea são: restinga, paludais terrestres e mangues (BIGARELLA *et al.*, 1994), onde são encontradas, basicamente, três classes de solo: Neossolos Quartzarênicos (Areia Quartzosa), Espodosolos (Podzol Hidromórfico e Podzol não Hidromórfico, ambos minerais) e Organossolos (Solos Orgânicos) (RACHWAL; CURCIO, 1994).

Os Espodosolos são de textura essencialmente arenosa, apresentam um horizonte de perda abaixo do horizonte A e um horizonte de acumulação (iluviação) de matéria orgânica e/ou sesquióxidos de ferro e de alumínio (B_h ou B_{ir}), (EMBRAPA, 1999). Quando os horizontes B_h ou B_{ir} apresentam-se cimentados, concomitantemente ocorrendo em locais abaciados, o Espodosolo pode tornar-se hidromórfico, sendo a estabilidade deste solo estreitamente dependente da manutenção da cobertura vegetal (RACHWAL; CURCIO, 1994).

Na planície litorânea do Estado do Paraná são encontradas três formações vegetais: Floresta Ombrófila Densa (Terras Baixas e Submontana), formações de restinga (formações pioneiras de influência marinha), comunidades aluviais (formações pioneiras com influência fluvial) e manguezais (formações pioneiras com influência fluviomarinha) (IBGE, 1992).

2.2.1 Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas

A Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas ou das Planícies Quaternárias, no Estado do Paraná, situa-se entre as altitudes de 5 a 50 m a.n.m. (RODERJAN *et*

al., 1997). Encontra-se sobre a maior parte da planície de acumulação, em áreas originadas a partir da ação de agentes morfodinâmicos diversos e da interação terra-mar. A fisionomia, estrutura e composição da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas pode variar de acordo com o nível do lençol freático (LEITE, 1994), do estágio de desenvolvimento da floresta e do nível de interferência antrópica (RODERJAN *et al.*, 1997).

As árvores da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas apresentam entre 15 e 20 m de altura, além de grande número de espécies de crescimento rápido e sub-bosque, geralmente pouco denso, com exceção dos locais onde as herbáceas são abundantes, estabelecendo diferenciação de densidade entre os estratos da formação (LEITE, 1994).

Em solos mais úmidos e encharcados, os estratos superiores são dominados por *Callophyllum brasiliense* (GUTTIFERAE), *Tapirira guianensis* (ANACARDIACEAE), *Tabebuia umbellata* (BIGNONIACEAE), *Pseudobombax grandiflorum* (BOMBACACEAE), *Ficus luschnatiana* (MORACEAE), *Ficus adhatodifolia* (MORACEAE); nos estratos inferiores são comuns *Clusia criuva* (CLUSIACEAE), *Pera glabrata* (EUPHORBIACEAE), *Tabebuia cassinoides* (BIGNONIACEAE), entre outras (RODERJAN *et al.*, 1997).

Nos solos com melhor drenagem são comuns no dossel superior *Manilkara subsericea* (SAPOTACEAE), *Ocotea pulchella* (LAURACEAE), *Ocotea aciphylla* (LAURACEAE), *Tapirira guianensis* (ANACARDIACEAE), *Alchornea triplinervia* (EUPHORBIACEAE), *Ficus organensis* (MORACEAE), *Podocarpus sellowii* (PODOCARPACEAE) e *Manilkara subsericea* (SAPOTACEAE). No estrato inferior é mais freqüente a ocorrência de *Andira anthelminthica* (LEG. FABACEAE), *Euterpe edulis* (PALMAE), *Clethra scabra* (CLETHRACEAE), *Inga* spp. (LEG. MIMOSEAE), *Ilex* spp. (AQUIFOLIACEAE), *Syagrus romanzoffiana* (ARECACEAE) e *Attalea dubia* (PALMAE), (RODERJAN *et al.*, 2002).

Na Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas encontra-se uma grande diversidade de epífitas e lianas. As epífitas são representadas pelas famílias BROMELIACEAE, ORCHIDACEAE, ARACEAE, POLYPODIACEAE, PIPERACEAE, CACTACEAE e GESNERIACEAE, cujos indivíduos cobrem quase totalmente troncos e galhos de árvores adultas. As lianas são representadas principalmente

pelas BOMBACACEAE, BIGNONIACEAE e SAPINDACEAE (RODERJAN *et al.*, 2002).

Devido à facilidade de acesso e cultivo, as áreas originalmente cobertas por esta formação florestal, foram quase totalmente destruídas e substituídas por atividades agrícolas ou sofreram a exploração das espécies de maior valor econômico, estando atualmente restritas a fragmentos de floresta secundária em áreas de preservação.

2.2.2 Formação Pioneira de Influência Marinha (Restinga)

As formações de restinga constituem os cordões litorâneos e dunas que ocorrem ao longo de todo o litoral, formados pela constante deposição de areias por influência direta da ação do mar, onde são encontradas diversas fisionomias, desde espécies rasteiras até espécies lenhosas (IBGE, 1998). Há uma grande variedade de ambientes integrados à formação de restinga, sendo os de maior importância fisionômica a vegetação das praias, a vegetação das dunas móveis e a vegetação das dunas fixas e semifixas (LEITE, 1994).

A vegetação das praias compõe-se de plantas psamófitas-halófitas influenciadas direta ou indiretamente pelo mar, com adaptação peculiar ao ambiente. O solo é arenoso, pobre em nutrientes e sofre a intensa e constante ação do sol, do vento e dos aerossóis marinhos. As dunas móveis e semifixas se encontram logo após a linha de praia e estão completamente livres do alcance das marés, porém expostas à escassez de água, à intensa insolação, à pobreza dos solos, a altas temperaturas, ventos e à mobilidade do solo que provoca constantes soterramentos. Nestas dunas vegetam psamófitas, providas de estolões e numerosas e longas raízes (RODERJAN; KUNIYOSHI, 1988).

As dunas fixas encontram-se sob a proteção dos cordões de dunas móveis e semifixas. Nestas dunas observa-se maior compactação e transformação estrutural das camadas de areia, com retenção de umidade (LEITE, 1994). Este solo incipiente já suporta diversas espécies de arbustos e árvores que participam efetivamente no processo de estruturação do mesmo (RODERJAN; KUNIYOSHI, 1988).

Segundo MAACK (1981), no Estado do Paraná ocorre a alternância entre restinga e “mata” costeira, tanto na planície litorânea quanto em ilhas como: Peças,

Pinheiros e Comprido. Na região da APA de Guaratuba, RODERJAN; KUNIYOSHI e TRAMUJAS (1996) observaram que as comunidades arbóreas de restinga eram compostas de um único estrato, muito denso e baixo (entre 2 e 5 m de altura). As principais espécies encontradas foram *Ilex theezans*, *Clusia criuva*, *Schinus terebinthifolius*, *Tapirira guianensis*, *Ternstroemia brasiliensis*, *Gomidesia schaueriana*, *Psidium cattleianum*, *Andira anthelminthica*, *Pithecellobium* sp. e *Ocotea pulchella*. Os autores afirmam que à medida que as condições edafoclimáticas melhoram, esta vegetação tende a se desenvolver para uma Floresta Ombrófila Densa. Para BRITZ (1994) a distinção entre as florestas arenosas (Formações Pioneiras de Influência Marinha) e a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas não é clara, havendo uma gradual transição florística e estrutural.

2.3 SUCESSÃO FLORESTAL

A sucessão de plantas pode ser definida como um processo que envolve uma substituição ordenada de uma comunidade de plantas por outra, ao longo do tempo. As diferentes comunidades que se sucedem formam uma série sucessional (BUDOSWSKI, 1963; KLEIN, 1980). A substituição geralmente implica na mudança da composição florística, fisionômica e estrutural de comunidades individuais. No final, observa-se uma comunidade relativamente estável, onde as mudanças são difíceis de serem observadas, sendo usualmente denominada clímax (BUDOSWSKI, 1963). Este estado é considerado de máximo desenvolvimento da vegetação num determinado clima e solo, integrando todos os aspectos do habitat (RIZZINI, 1979).

HARTSHORN (1980), baseado na regeneração natural, dividiu as espécies em tolerantes e intolerantes à sombra. SWAINE e WHITMORE (1988) propõem, com base em características associadas a cada grupo, a separação das espécies em pioneiras e não pioneiras (ou clímax).

A sucessão ecológica envolve mudanças na estrutura de espécies e processos da comunidade ao longo do tempo, sendo a mesma bastante direcional e previsível. A sucessão é controlada pela comunidade, sendo que o ambiente determina o padrão e a velocidade da mudança. As mudanças acarretam em ecossistemas cada vez mais complexos e estáveis, sendo que, caso ocorra alguma

interferência externa no sistema, ele se desenvolverá até alcançar novamente a estabilidade (ODUM, 1988).

Para FERRAZ *et al.* (2004), a existência de grupos ecológicos baseia-se na premissa de que as características fisiológicas, morfológicas e comportamentais observadas em determinadas espécies devem ser consideradas como adaptações decorrentes de sua história evolutiva. O compartilhamento destas características genéticas entre espécies simpátricas, filogeneticamente não relacionadas, decorre da convergência de caracteres influenciados por mecanismos evolutivos, que atuam, de tal forma, que a dinâmica dos ecossistemas é considerada um fator determinante não somente da estrutura e da composição florística, mas, principalmente, da evolução dos organismos que a compõem.

Grande parte do Bioma Floresta Atlântica cedeu lugar à agricultura e à pecuária. Atualmente, devido à dificuldade de cultivo e ao processo de erosão do solo, principalmente em áreas muito íngremes e da proteção da legislação ambiental em outras áreas, encontram-se fragmentos abandonados desta floresta por toda a sua área de ocorrência em diferentes estágios de sucessão secundária.

A sucessão secundária é caracterizada por comunidades vegetais que ocupam áreas onde havia, originalmente, vegetação primária que sofreu intervenção humana, refletindo o tempo e o uso da terra (VELOSO *et al.*, 1991).

A velocidade de regeneração de determinada área depende, entre outros fatores, da proximidade das florestas em estágio sucessional mais avançado ou das florestas não perturbadas, do transporte de sementes até a área em recuperação, da capacidade de germinação do banco de sementes presente no solo e do tamanho da área. As primeiras espécies a ocuparem a área são pouco exigentes quanto à qualidade do ambiente. Nos primeiros estágios sucessionais a comunidade é formada por poucas espécies, com indivíduos de pequeno diâmetro, rápido crescimento e intolerantes à sombra. Com o avanço da sucessão, as espécies pioneiras vão sendo substituídas por aquelas de crescimento mais lento e, normalmente, tolerantes à sombra, sendo observado ainda, um aumento no número de espécies e variedade de formas de vida epifítica (BUDOSWSKI, 1963), com tendência a reconstituir a vegetação original (KLEIN, 1980). Porém LUGO (1995) acredita que as florestas tropicais apresentem resiliência após sofrerem distúrbios,

mas não a capacidade de voltarem ao estado inicial de estabilidade, ou seja, voltarem ao estado pré-distúrbio.

GOMEZ-POMPA e VAZQUEZ-YANES (1981) descreveram o processo de regeneração das florestas tropicais como complexo e contínuo ao longo do tempo, sendo difícil de dividi-lo em estágios, podendo apresentar alguns estágios de estabilidade pelo tipo de ciclo de vida das espécies dominantes.

2.4 CICLAGEM DE NUTRIENTES

Os elementos químicos estão presentes nas rochas e na atmosfera, onde se encontram em contínuo movimento, passando para o solo e depois, para o lençol freático até atingirem lagos, rios e oceanos e voltarem a circular pela atmosfera. O tempo de permanência dos elementos em cada compartimento é bastante variável, porém, normalmente elevado (da ordem de 10^4 a 10^9 anos). Além dos macroreservatórios do ciclo geológico, os elementos participam, concomitantemente, de ciclos mais curtos e rápidos (da ordem de 10^1 a 10^4 anos), como os ciclos que ocorrem nos ecossistemas (CLEVELÁRIO JR., 1996). Os elementos estão permanentemente circulando entre os compartimentos bióticos e os abióticos nos ecossistemas.

Na natureza são conhecidos cerca de cem elementos químicos; destes, dezesseis são essenciais para o desenvolvimento das plantas. Eles são divididos em dois grupos: os elementos não minerais (carbono, hidrogênio e oxigênio) e os elementos minerais (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre), conhecidos como macronutrientes e os micronutrientes (boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco).

O termo ciclagem de nutrientes é definido como: “absorção de elementos do solo e da atmosfera por organismos vivos, envolvendo biossíntese na formação de novos compostos, e o retorno de elementos para o solo e para a atmosfera, com a queda da serapilheira ou com a morte de organismos da biogeocenose” (RODIN; BAZILEVICH, 1967 *apud* GOLLEY, 1996).

A ciclagem de nutrientes engloba as trocas de elementos minerais entre os seres vivos e o ambiente que os envolve. Pode-se através do estudo da ciclagem

obter informações sobre a distribuição de elementos no sistema e inferir sobre os fluxos entre os diferentes compartimentos (GOLLEY, 1996; JORDAN, 1985).

SWITZER e NELSON (1972) reconhecem a existência de três ciclos de nutrientes nos ecossistemas florestais: ciclo biogeoquímico, ciclo geoquímico e ciclo bioquímico. O primeiro refere-se às trocas químicas entre o solo e a planta, envolvendo a absorção dos nutrientes pela planta, distribuição dos mesmos, dentro da planta, lixiviação pela água da chuva, desfolhação por herbívoros e decomposição da serapilheira. O segundo caracteriza-se por trocas de elementos minerais entre diferentes ecossistemas, sendo as principais fontes de entradas de nutrientes: a poeira, as precipitações, a intemperização das rochas, a fixação biológica do nitrogênio e a fertilização artificial. O terceiro refere-se à redistribuição interna de nutrientes, sendo especialmente importante para os elementos de maior mobilidade dentro da planta como o nitrogênio, o potássio, o fósforo e o magnésio.

A taxa de ciclagem de nutrientes depende de vários fatores como da origem química do elemento, ou seja, solo ou atmosfera; da 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.

Os nutrientes que circulam no sistema florestal estão sujeitos a perdas ocasionadas pelos processos de erosão, lixiviação, desnitrificação, fogo e colheita florestal, sendo a reposição de nutrientes compensada pelo material formador do solo, pela atmosfera e pela chuva (GOLLEY *et al.*, 1978).

2.4.1 Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais

O estudo da ciclagem de nutrientes em florestas tropicais teve início na década de sessenta com os trabalhos de GREENLAND e KOWAL (1960), NYE (1961), NYE e GREENLAND (1964) e GOLLEY *et al.* (1978).

No Brasil, os estudos sobre ciclagem de nutrientes iniciaram-se na região Amazônica no final dos anos sessenta. Os primeiros trabalhos abordavam a produção e a decomposição do material depositado no solo da floresta. Posteriormente, vários outros trabalhos foram realizados na região, enfocando diferentes aspectos da dinâmica do ecossistema, entre eles, a ciclagem de elementos minerais. Bastante informativos são os trabalhos de KLINGE e

RODRIGUES (1968), STARK (1970), KLINGE e RODRIGUES (1971), KLINGE (1977), STARK e JORDAN (1978), HERRERA *et al.* (1978) e LUIZÃO (1982).

Os estudos de ciclagem de nutrientes em Floresta Atlântica são mais recentes, entre outros, cita-se: NUNES (1980), MEGURO (1987), SANTOS (1989), TEIXEIRA *et al.* (1992), DOMINGOS *et al.* (1997), CUSTODIO-FILHO *et al.* (1996), CLEVELÁRIO JR. (1996), MORAES *et al.* (1998), PINTO (2001), BOREM e RAMOS (2002), MACEDO e OLIVEIRA (2006), SCHEER (2006) e ROCHA (2006).

Diversas pesquisas em remanescentes florestais e áreas de sucessão secundária foram desenvolvidas no estado do Paraná, envolvendo a caracterização dos solos, cobertura vegetal e alguns aspectos da ciclagem de nutrientes. Especificamente, na Floresta Estadual do Palmito em Paranaguá, onde os trabalhos são conduzidos visando o conhecimento das inter-relações solo-planta-ambiente, cita-se as pesquisas de WISNIEWSKI *et al.* (1997); DICKOW (1999), BOEGER (2000), PINTO (2001), SCHWARZBACH (2005) e ROCHA (2006).

O desenvolvimento das florestas tropicais está estreitamente relacionado à ciclagem de nutrientes, já que estas ocorrem normalmente sobre solos intemperizados e, portanto, escassos em elementos químicos essenciais ao desenvolvimento vegetal. Para GOLLEY (1996), as florestas tropicais desenvolveram mecanismos para utilizar, de forma bastante eficiente, os nutrientes da solução do solo, assim como os nutrientes que chegam via atmosférica e os nutrientes reciclados. VITOUSEK (1984) considera que a ciclagem de nutrientes dentro de um ecossistema é eficiente quando a maior parte dos nutrientes liberados das árvores é rapidamente absorvida pelas raízes, micorrizas e decompositores, e retida dentro do sistema, independentemente da quantidade de nutrientes ciclados entre planta e solo.

Algumas características das florestas tropicais úmidas são bem conhecidas, através dos estudos de diferentes pesquisadores, tais como: GOLLEY *et al.* (1978), HERRERA *et al.* (1978) e HAAG; VALERA e CHIARANDA (1985). As principais características das florestas úmidas são:

- a) elevada biomassa;
- b) a maior parte dos nutrientes do ecossistema encontra-se armazenada na biomassa viva e morta da floresta;

- c) os solos são geralmente pobres, atuando mais como sustentação mecânica à floresta do que como importante reservatório de nutrientes;
- d) os nutrientes mais limitantes são rapidamente ciclados entre a vegetação e o solo (VITOUSEK, 1984);
- e) o balanço de entrada e saída de nutrientes do sistema revela que, após um período inicial de acúmulo de nutrientes, estes ecossistemas estabilizam-se, havendo equilíbrio entre entrada e saída. Quando a floresta é cortada, a saída aumenta muito, superando em demasia a entrada e levando o sistema ao empobrecimento em nutrientes minerais;
- f) as folhas, embora representem pequena fração da biomassa total das árvores, possuem altas concentrações de nutrientes, apresentando as mesmas, a maior contribuição para a ciclagem de nutrientes no sistema (CUNHA *et al.*, 1993; PRESCOTT, 2002).

2.4.2 Ciclagem de nutrientes via precipitação pluviométrica

Precipitação é o processo pelo qual a água condensada na atmosfera atinge gravitacionalmente a superfície terrestre na forma pluvial (de chuva), de granizo e de neve (TUBELIS; NASCIMENTO, 1984).

Parte da água da chuva que atinge o dossel florestal é retida pelas folhas das árvores, ramos, caules e epífitas pelo processo de interceptação e, depois, evapora. O restante da água pode passar diretamente pelos espaços vazios entre folhas e copas; escorrer pelas folhas (precipitação interna), ramos e troncos (escoamento pelo tronco), até atingir o piso florestal, onde pode escorrer sobre a superfície do solo ou sofrer percolação (ARCOVA; CICCIO, 1987; CUNHA *et al.*, 1993), sendo utilizada pelas plantas no processo de absorção pelas raízes, transpiração e alimentação de lagos e rios.

Em Floresta Atlântica, no Estado de São Paulo ARCOVA; CICCIO e ROCHA (2003) observaram que 18,6% da precipitação foi interceptada pela floresta, retornando à atmosfera na forma de vapor. Um montante de 81,2% alcançou o piso florestal como precipitação interna e apenas 0,2% como escoamento pelo tronco. A vegetação e as condições climáticas onde a floresta está inserida determinam a quantidade de água envolvida na precipitação interna, no escoamento pelo tronco e

na interceptação (LIMA, 1993). De modo geral, pode-se dizer que em florestas tropicais, 75 a 96% da precipitação transforma-se em precipitação interna, 1 a 2% converte-se em escoamento pelo tronco e entre 4,5 e 24% é interceptada pelo dossel florestal (BRUIJNZEEL, 1990 *apud* ARCOVA; CICCO; ROCHA, 2003).

Os principais elementos químicos encontrados na água da chuva, em suas formas iônicas são: sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), tendo, os seis primeiros, origem predominantemente marinha. O atrito do vento com a superfície do mar faz com que os borrifos d'água sejam lançados na atmosfera, formando os chamados aerossóis de origem marinha. Na atmosfera, essas pequenas gotículas podem perder sua água pela evaporação restando cristais de 10 micrômetros de diâmetro, formados, principalmente, por cloreto de sódio, sulfato de cálcio e sulfato de magnésio (MELLO; MOTTA, 1987). O cálcio e o fósforo estão presentes também em poeiras, áreas agricultáveis e queima de restos vegetais de origem terrestre. O nitrato tem como principal fonte os poluentes industriais expelidos na atmosfera (WALLING, 1980), sendo que em precipitações não poluídas (pH 5,6) a concentração de NH_4^+ -N é normalmente bem maior que a concentração de NO_3^- -N (CHEN *et al.*, 2000). MEGURO; VINUZA e DELITTI (1979) observaram que a precipitação, ao passar pelo dossel florestal, sofre um pequeno aumento do pH.

Nas camadas mais baixas da atmosfera terrestre, o tempo de permanência desses aerossóis é de aproximadamente uma semana. Com a chuva, essas espécies iônicas retornam à superfície da Terra, fenômeno este denominado deposição úmida. Outra forma de retorno destes aerossóis à superfície é pela deposição seca, neste caso, as partículas com mais de um micrômetro de diâmetro voltam à superfície pelo efeito da gravidade e as menores pelo efeito de impactos ocasionais (MELLO; MOTTA, 1987).

O conteúdo mineral na precipitação depende da distância do mar, da contaminação pela poeira, da diluição na atmosfera entre outros fatores (GOLLEY *et al.*, 1978), sendo um dos mais importantes meios de entrada de nutrientes no ecossistema (HAAG; VALERA; CHIARANDA, 1985; ARCOVA; CICCO; SHIMOMICHI, 1993).

Ao passar pelo dossel florestal, a precipitação incidente pode carrear da superfície de folhas, flores, frutos, ramos, epífitas e troncos, diferentes elementos

químicos, refletindo, ao chegar ao solo, características tanto da precipitação incidente como do perfil florestal que atravessou. Para LIMA (1986), ARCOVA e CICCIO (1987), a interação da água da chuva com o dossel florestal provoca alteração química da água da chuva, resultando num carreamento de nutrientes para a serapilheira, sendo este processo importante no fluxo e na ciclagem interna de nutrientes em ecossistemas florestais.

MALAVOLTA (1980) definiu a lixiviação do dossel como lixiviação foliar, que é a remoção de substâncias das folhas pela ação de soluções aquosas como chuva, orvalho, neblina e nevoeiro. A cutícula da folha representa o principal caminho de saída de substâncias em solução, sendo que características inerentes à folha como: cutícula, cerosidade, pubescência, hidatódios, idade fisiológica e estado nutricional e fatores externos como: solução lixiviadora, luz, temperatura e intensidade da chuva, entre outros, influenciam este processo. As substâncias lixiviadas podem ser minerais (potássio, fósforo, magnésio e nitrogênio) ou orgânicas (carboidratos, aminoácidos e ácidos orgânicos).

O potássio, devido a sua grande mobilidade, é facilmente retirado dos tecidos vegetais, por isso, constitui um dos elementos de maior expressão na água da chuva, especialmente naquela que atravessa o dossel e goteja na superfície do solo (GOLLEY *et al.*, 1978; ARCOVA; CICCIO, 1987). Para LUGO e LOWE (1995), mais da metade do potássio que circula em uma floresta tropical é oriunda da precipitação que passa pelo dossel. O fósforo e o nitrogênio, embora também de grande mobilidade na planta apresentam outro comportamento; por estarem associados a moléculas orgânicas são menos susceptíveis à lixiviação (EATON; LIKENS; BORMANN, 1973). GOLLEY (1996) considera a possibilidade das folhas, de espécies tropicais, desenvolverem mecanismos para reduzir as perdas por lixiviação. Tais mecanismos poderiam envolver aspectos morfo-anatômicos e fisiológicos das folhas. O autor chegou a tal conclusão após comparar diversos trabalhos sobre a taxa de potássio na água de precipitação que passava pelo dossel de florestas tropicais e florestas temperadas; observando que, embora a precipitação fosse bem maior nas florestas tropicais, a concentração de potássio era pouco menor quando comparada às florestas temperadas. LIMA (1986) salienta que quando a lixiviação resulta da retirada, pela água, de metabólitos lábeis das folhas das árvores, esta não

pode ser considerada adição nova de nutrientes ao solo e, sim, o retorno do nutriente ao mesmo.

MEGURO; VINUZA e DELITTI (1979) observaram, em floresta decídua na região metropolitana de São Paulo, que 2,3 kg/ha/ano de K foram depositados via precipitação externa e uma quantidade expressivamente maior (126 kg/ha/ano) deste elemento chegou à superfície do solo através da precipitação interna. Para o fósforo, a contribuição na água de precipitação externa foi de 1,12 kg/ha/ano e de 7,5 kg/ha/ano na precipitação interna. BRITZ (1994), em floresta de planície litorânea no Paraná, encontrou na precipitação externa e na precipitação interna, respectivamente, 0,03 e 0,09 kg/ha/ano de P; 3,5 e 49,9 kg/ha/ano de K; 4,8 e 11,4 kg/ha/ano de Ca e 7,4 e 14,6 kg/ha/ano de Mg. ARCOVA e CICCIO (1987), estudando Floresta Atlântica secundária no Estado de São Paulo, observaram os seguintes fluxos na precipitação externa e na precipitação interna, respectivamente: 5,43 e 79,85 kg/ha/ano de K; 2,87 e 11,55 kg/ha/ano de Ca; 1,08 e 7,23 kg/ha/ano de Mg; 11,79 e 20,65 kg/ha/ano de Na e 0,69 e 1,66 kg/ha/ano de P.

A maioria das pesquisas mostra um enriquecimento da água da chuva por nutrientes ao passar pelo dossel florestal, porém (SOLLINS *et al.*, 1980, LOVETT; LINDBERG, 1993 *apud* PRESCOTT, 2002), afirmam que as concentrações de nutrientes como N, P, K e Ca podem aumentar ou diminuir ao passar pelo dossel florestal, sugerindo que possa haver retenção e absorção foliar direta destes nutrientes. A absorção foliar do N oriunda da precipitação foi observada por MARQUES (1996).

As concentrações dos elementos presentes na água da chuva tendem a diminuir com o aumento do volume precipitado (McDOWELL, 1998) e, segundo HANSEN (1994) *apud* MARQUES e RANGER (1998), as maiores concentrações de elementos na água ocorrem no início do evento de precipitação.

Como pode ser observado pelos resultados das pesquisas acima, é bastante variável a quantidade de nutrientes carregados, tanto com a precipitação incidente como com a precipitação interna. O grau de modificação da qualidade da precipitação incidente varia de lugar para lugar e com as espécies arbóreas, varia ainda em resposta às flutuações na qualidade da precipitação, na disponibilidade de aerossóis e exsudados da vegetação e intensidade das precipitações (EATON; LIKENS; BORMANN, 1973; GEORGE, 1979; WALLING, 1980). Apesar destas

variáveis, nota-se que a água da chuva e, principalmente, a água que passa pelo dossel florestal, é bastante enriquecida, sendo um processo importante na ciclagem de nutrientes.

2.4.3 Ciclagem de nutrientes via deposição de fitomassa

A serapilheira, também conhecida por liteira, manta, folhedeo ou *litter* é constituída pela matéria orgânica morta, predominantemente vegetal, que se acumula sobre a superfície do solo, formada por folhas, flores, frutos, cascas, gravetos, galhos, restos animais e etc. (FERRI, 1974; VIEIRA, 1975; KOEHLER; REISSMANN; KOEHLER, 1987).

Trabalhos sobre deposição e concentração de nutrientes na serapilheira são encontrados em diversos ecossistemas do mundo, sendo o processo mais bem estudado do conjunto que compõe a ciclagem de elementos, inclusive nas regiões tropicais.

O material orgânico depositado no solo sofre processo de decomposição, liberando nutrientes que podem ser absorvidos pelas plantas do sistema, repondo parte dos nutrientes essenciais à manutenção do mesmo, sendo o mais significativo modo de transferência de nutrientes dentro deste sistema (KOEHLER; REISSMANN; KOEHLER, 1987).

O material orgânico ainda permite a existência de uma grande variedade de nichos para a mesofauna e para os microrganismos edáficos, sendo ainda fonte de colóides, isolante térmico e retentor de água, assim como atenuador de efeitos erosivos do solo (SANTOS, 1989).

Fatores como o tipo de vegetação, latitude, altitude, relevo, temperatura, precipitação, disponibilidade de luz durante a estação de crescimento, comprimento do dia, evapotranspiração, deciduidade, estágio sucessional, herbivoria, disponibilidade hídrica e estoque de nutrientes no solo, podem influenciar nas taxas de deposição de serapilheira (BRITZ, 1994).

BOREM e RAMOS (2002) citam o fator climático como o primeiro a influenciar o retorno do material orgânico ao solo. SANTOS (1989) afirma que em regiões onde há estação seca pronunciada, ocorre maior queda de material vegetal nesta época. Para DELITTI (1984), o aumento na quantidade de serapilheira com baixa

precipitação é comum em regiões tropicais e reflete uma estratégia de minimização dos efeitos da escassez de água. BRITZ *et al.* (1992), em Floresta Ombrófila Mista, relatam aumento da queda de folhas após a ocorrência de geadas.

VOGT *et al.* (1986) *apud* CESAR (1993a), observaram que as florestas sempre verdes acumulam mais serapilheira do que as decíduas, em zonas climáticas similares, mostrando que a quantidade de serapilheira depositada pode não estar relacionada com fatores climáticos ou com a latitude, mas sim ao comportamento perene ou decíduo das árvores.

A deposição da serapilheira varia consideravelmente de espécie para espécie (GARRIDO; POGGIANI, 1982; SCHUMACHER, 1992), com as estações climáticas (LIMA, 1987; DIAS *et al.*, 2002), crescendo das regiões frias para as tropicais (LIMA, 1987).

Em plantios com espécies de rápido crescimento, O'CONNELL; GROVE e DIMMOCK (1978) e CARPANEZZI (1997), observaram que há maior taxa de deposição de serapilheira em plantios mais jovens e que esta decresce com o amadurecimento dos mesmos.

A deposição anual de serapilheira é bastante variável; enquanto em florestas decíduas típicas ocorre uma queda total do material em um curto período de tempo, nas florestas perenifólias se observa uma deposição contínua ao longo do ano, sendo, porém, mais comum observar situações em que ocorre deposição de material durante todo o ano, com picos de maior ou menor intensidade em alguns períodos (DELITTI, 1989).

BRAY e GORHAM (1964) estudaram a deposição de serapilheira em diferentes florestas do mundo e verificaram a seguinte composição: 60-80% são folhas, 12-15% são ramos, 1-15% são frutos e 1-15% cascas de árvores.

As folhas são, normalmente, a fração mais representativa na serapilheira e tendem a sofrer menores variações nas quantidades depositadas entre diferentes anos (MEENTEMEYER; BOX; THOMPSON, 1982); apresentam ainda pequena variação em sua distribuição espacial, em seu conteúdo de nutrientes e são responsáveis pela maior parte da transferência anual de nutrientes ao solo. Por estas características, esta fração se torna mais adequada à comparação entre ecossistemas florestais, no tocante à eficiência de seus componentes vegetais na utilização de nutrientes (CUNHA *et al.*, 1993).

Com a separação e avaliação da serapilheira por espécie pode-se determinar a sua eficiência relativa e a sua contribuição para o sistema como um todo (VITOUSEK, 1982). SCHUMACHER *et al.* (2003) relatam que espécies leguminosas tendem a produzir maior quantidade de serapilheira, devido a sua característica de crescimento rápido e maior eficiência na utilização dos nutrientes extraídos do solo, em comparação com outras espécies. No Brasil, são poucas as pesquisas sobre ciclagem de nutrientes em florestas tropicais enfocando espécies específicas; citam-se os trabalhos de BRITZ *et al.* (1992), BRITZ (1994), DRUMOND *et al.* (1997), MARQUES e DICKOW (1999), BOEGER (2000), PINTO (2001), PINTO e MARQUES, (2003); MARTINS (2004), SCHEER (2006) e ROCHA (2006).

Conforme CUEVAS e MEDINA (1986) a quantidade e a qualidade dos nutrientes transferidos ao solo via deposição de serapilheira é variável e depende, principalmente, das espécies que compõem a formação florestal e da disponibilidade de nutrientes no solo. Estes autores salientam que a vegetação que ocorre naturalmente em um local esta adaptada aos suprimentos nutricionais existentes neste solo. DANTAS e PHILLIPSON (1989) *apud* DIAS *et al.* (2002), relatam que as quantidades de macronutrientes na serapilheira das florestas tropicais brasileiras variam de 74-156 kg/ha/ano para N; 1-3,4 kg/ha/ano para P; 13-26 kg/ha/ano para K; 18-76 kg/ha/ano para Ca e 1-29 kg/ha/ano para Mg.

A velocidade de decomposição da serapilheira é bastante variável e dependente da temperatura, umidade, sazonalidade, fatores edáficos, dos teores de lignina, celulose, compostos fenólicos, elementos minerais, substâncias estimulantes ou alelopáticas do material biológico e da macro e microbiota do solo (MEGURO; VINUZA; DELITTI, 1980; SWIFT; ANDERSON, 1989).

A serapilheira pode permanecer meses e até anos na superfície do solo antes de se decompor completamente e seus resíduos serem finalmente incorporados ao solo mineral (SPURR; BARNES, 1980; DIX; WEBSTER, 1995).

Nas regiões onde ocorrem altas temperaturas ao longo do ano, onde não há fatores limitantes, diversos processos biológicos podem ocorrer continuamente; dos quais pode ser citada a atividade dos organismos decompositores. Com a atividade contínua dos decompositores ocorre também uma liberação contínua de nutrientes e um alto potencial de lixiviação e reciclagem (JORDAN, 1985).

2.4.4 Teores de nutrientes e ciclagem bioquímica nas folhas

Os teores dos nutrientes são maiores nas partes metabolicamente mais ativas das plantas, como folhas e brotações, devido ao seu envolvimento em reações enzimáticas e compostos bioquímicos de transferência de energia e transporte eletrônico (GONÇALVES; MELLO, 2000). O elevado teor de nutrientes nas folhas, deve-se a sua plena atividade em função dos processos de transpiração e fotossíntese (KOZLOWSKI *et al.* (1991) e KOZLOWSKI; PALLARDY (1996) *apud* CALDEIRA; SCHUMACHER; RODRIGUES, 2002).

Durante a vida da folha, parte do seu estoque químico é perdido pela lixiviação, redistribuição e outros processos. Embora ocorram perdas, ao cair, a folha ainda conserva um substancial conteúdo de nutrientes, inclusive potássio, apesar de muito susceptível à lixiviação.

Parte do conteúdo dos elementos N, P, K e Mg, das folhas maduras, são redistribuídas dentro da planta antes de sua abscisão; Ca por outro lado, é pouco móvel na planta, permanecendo nos órgãos maduros (ATTIWILL, 1971; MALAVOLTA, 1979). A ciclagem interna é, portanto, importante para manter os nutrientes de maior mobilidade (N, P, K e Mg) no interior da planta, sendo de menor importância para os pouco móveis ou imóveis como o Ca (MALAVOLTA; MALAVOLTA, 1989).

A taxa de redistribuição dos nutrientes pode depender da idade da planta e da capacidade do solo em fornecer os nutrientes necessários ao desenvolvimento destas. Por isso, à medida que aumenta a produção de biomassa e o solo não seja capaz de suprir as necessidades em nutrientes para estas plantas, a taxa de redistribuição dos elementos móveis deve também aumentar (REIS; BARROS, 1990).

ATTWILL (1971), em florestas maduras de *Eucalyptus obliqua*, observou que até 75% do fósforo foi redistribuído antes da queda das folhas. O cálcio, por sua vez, teve comportamento completamente distinto, sendo que a quantidade desse nutriente na serapilheira aumentou 40% em relação ao conteúdo presente no material vegetal antes da queda.

CALDEIRA *et al.* (1999) observaram, em plantio de *Acacia mearnsii*, que as concentrações de macronutrientes nas folhas recém maduras eram superiores às

concentrações de macronutrientes nas folhas de serapilheira, BALIEIRO *et al.* (2004), confirmaram esta tendência em *Acacia mangium*, à exceção do Ca, que apresentou maior concentração nas folhas de serapilheira. Os primeiros autores observaram a seguinte ordem de concentração dos macronutrientes nas folhas maduras: N>K>Ca>Mg>P e a seguinte seqüência de redistribuição de nutrientes nas folhas maduras: P>K>Mg>N>Ca. BALIEIRO *et al.* (2004), observaram a mesma seqüência de concentração de macronutrientes nas folhas verdes que os primeiros autores e a seguinte seqüência de redistribuição em folhas verdes: P>K>N>Mg.

Observando 14 diferentes espécies da sucessão secundária de uma Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no Paraná, BOEGER (2000) identificou que 11 delas apresentavam a seguinte seqüência de acúmulo de nutrientes em folhas maduras: N>Ca>K>Mg>P e, apenas 3 espécies, a seqüência: Ca>N>K>Mg>P. PINTO (2001) confirmou estas observações para a mesma área.

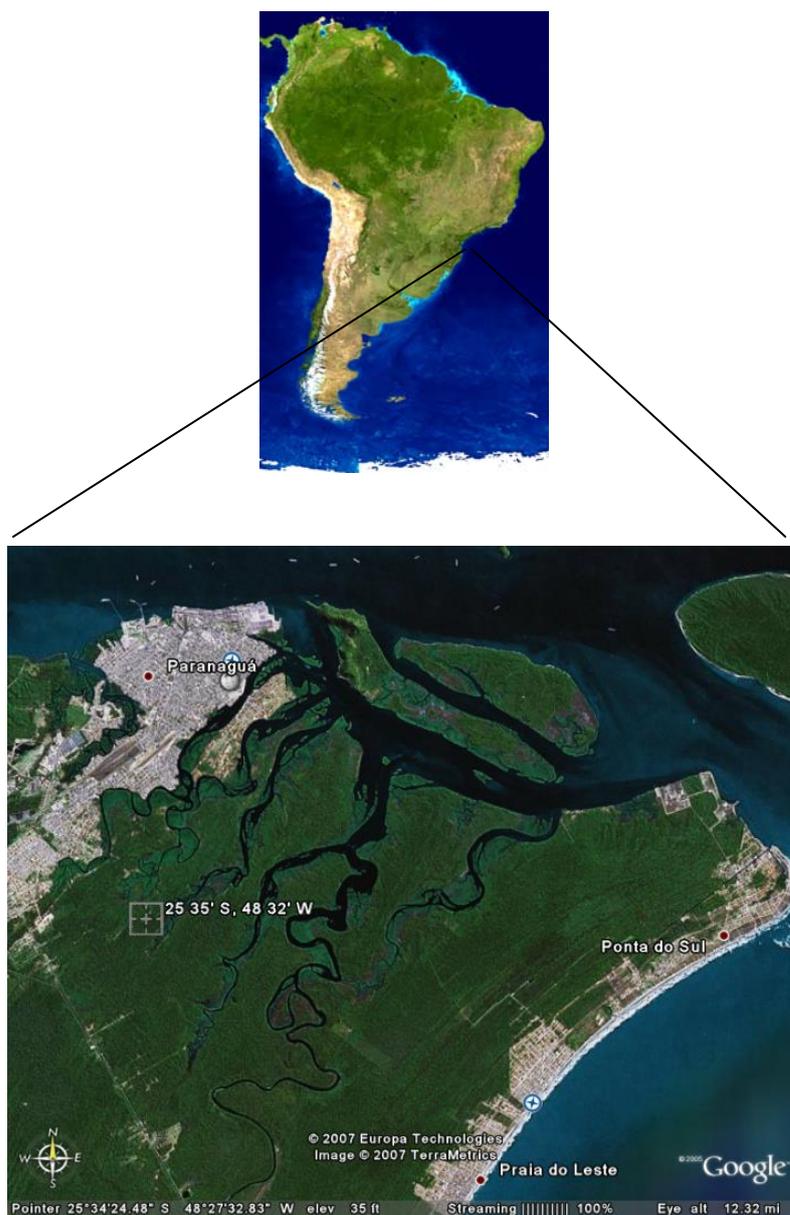
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada na Floresta Estadual do Palmito, Unidade de Conservação administrada pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), localizada na Planície Pleistocênica do Litoral Paranaense, município de Paranaguá-PR, entre as coordenadas 25°34'/25°35'40" Sul e 48°33'44"/48°31'12" Oeste de Greenwich (MAPA 1).

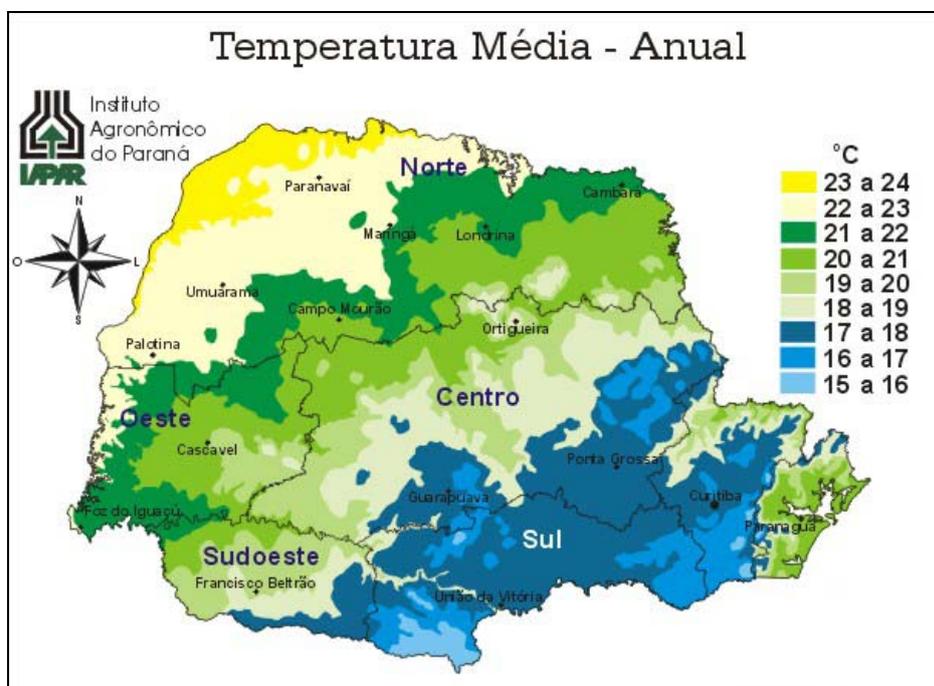
A faixa litorânea do Estado do Paraná tem seu clima classificado como Af, segundo a classificação de Köppen, que caracteriza o clima como tropical chuvoso, sem estação seca e isento de geadas. Apresenta índice médio de umidade relativa do ar maior que 86%, em virtude da influência oceânica e da transpiração das matas pluviais existentes (IAPAR, 1978). A temperatura média anual é de 21,1°C, sendo de 24,9°C a média do mês mais quente e de 17°C a média do mês mais frio (MAPA 2). A precipitação média anual é de 1976,4 mm (MAPA 3), com distribuição uniforme ao longo do ano (MAACK, 1981).

MAPA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



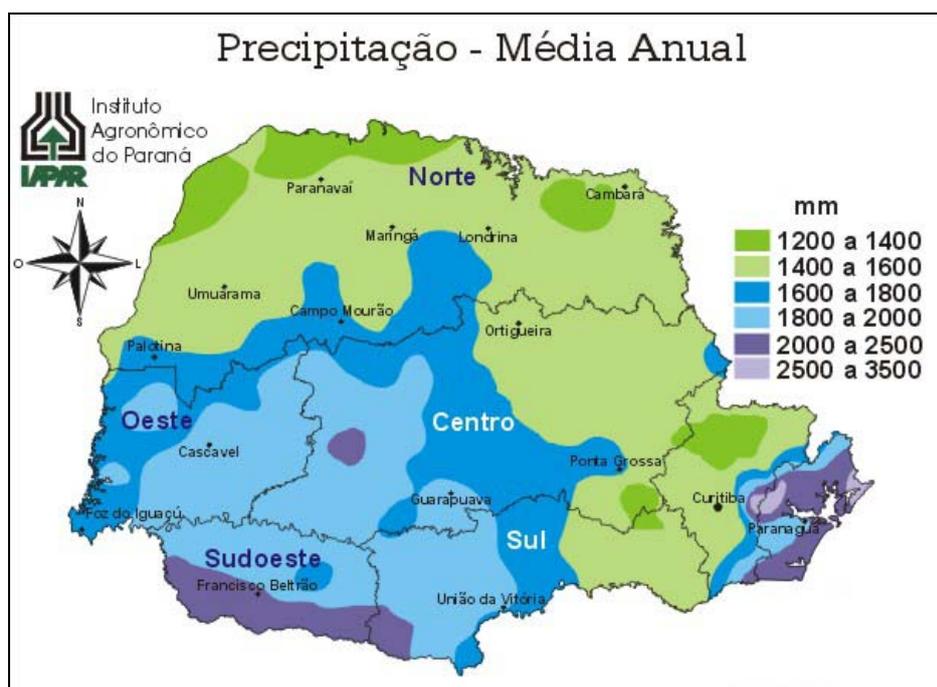
FONTE: Google, 2006

MAPA 2 – TEMPERATURA MÉDIA ANUAL NO ESTADO DO PARANÁ. SÉRIES CONTÍNUAS DE DADOS DIÁRIOS OBSERVADOS ENTRE 1972 A 1998



FONTE: IAPAR, 2006

MAPA 3 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NO ESTADO DO PARANÁ. SÉRIES CONTÍNUAS DE DADOS DIÁRIOS OBSERVADOS ENTRE 1972 A 1998



FONTE: IAPAR, 2006

O solo das três tipologias florestais deste estudo foi classificado como Espodossolo não hidromórfico, de textura arenosa (TABELA 1) e baixa saturação de bases (TABELA 2). Entre as tipologias ocorre diferenciação na espessura e na profundidade de ocorrência dos horizontes, assim como no grau de consistência do horizonte espódico e profundidade do lençol freático, que se encontra mais próximo da superfície na tipologia avançada (WISNIEWSKI *et al.*, 1997; SCHWARZBACH, 2005).

TABELA 1 – GRANULOMETRIA DA CAMADA DE 0-8 cm DE PROFUNDIDADE NAS TIPOLOGIAS FLORESTAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO

TIPOLOGIA FLORESTAL	AREIA	SILTE	ARGILA
	%		
INICIAL	84	12	4
MÉDIA	84	12	4
AVANÇADA	78	18,7	2,7

FONTE: WISNIEWSKI *et al.*, 1997

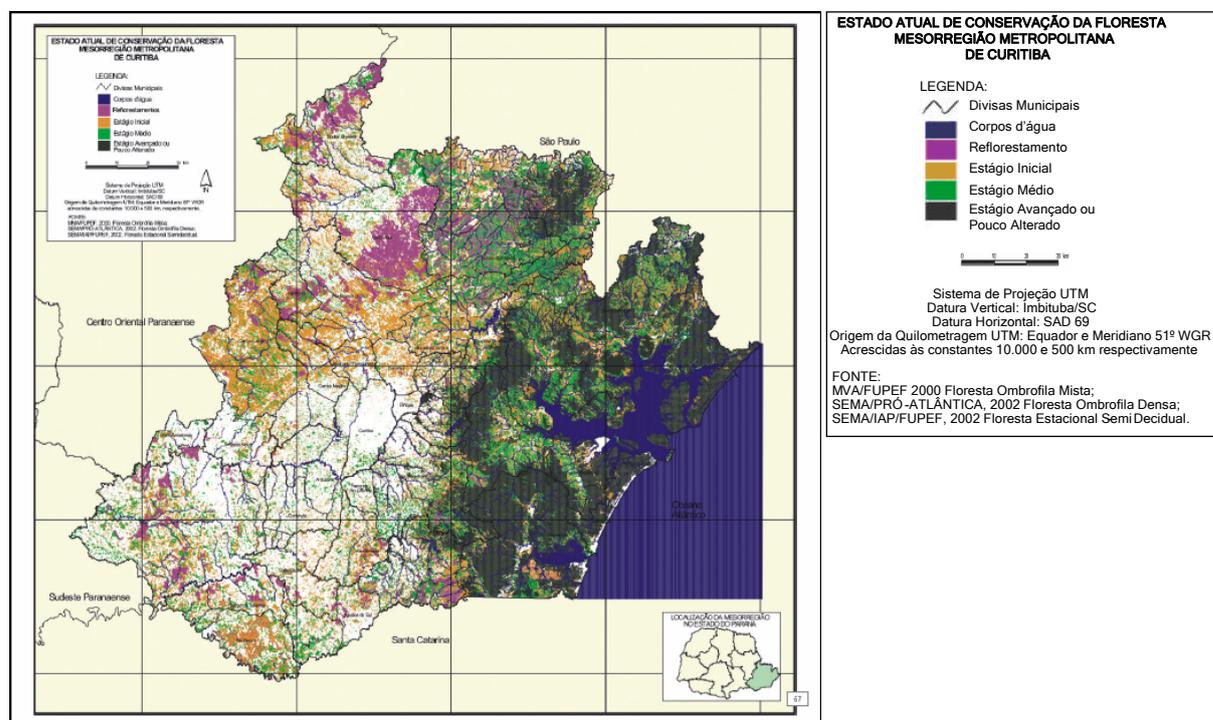
TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA CAMADA DE 0-5 cm NAS TIPOLOGIAS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO

TIPOLOGIA FLORESTAL	pH	Al ³⁺	H+Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	T	P	C	V	m	Ca/Mg	Argila
	CaCl ₂	cmol _c /dm ³							mg/dm ³	g/dm ³	%	%		g/kg
INICIAL	3,5	0,7	8,5	0,9	0,7	0,1	1,7	10,2	4,1	43,9	16,3	29,8	1,5	96,3
MÉDIA	3,1	1,1	11,4	0,2	0,2	0,1	0,4	11,8	3,1	38,7	3,6	72,7	1,5	80,0
AVANÇADA	3,1	1,8	23,0	1,0	0,9	0,1	2,0	25,0	5,7	66,8	8,2	48,7	1,4	152,2

FONTE: Projeto Solobioma, 2006

A vegetação que cobre a Floresta Estadual do Palmito é composta por três ecossistemas: Restinga, Manguezal e Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas. No MAPA 4, pode-se observar o estado atual de conservação do ecossistema no qual a presente pesquisa foi desenvolvida.

MAPA 4 – ESTADO ATUAL DA CONSERVAÇÃO DA FLORESTA DA MESOREGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA



3.2 DESCRIÇÃO DAS TIPOLOGIAS FLORESTAIS ESTUDADAS

O estudo foi conduzido em área originalmente de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (MAPA 4). Foram selecionadas três tipologias florestais caracterizadas por diferentes idades e estrutura, sendo denominadas: Inicial (INI), Média (MED) e Avançada (AVA). Inicialmente, estas três tipologias florestais foram selecionadas como sendo diferentes fases serais da mesma sucessão secundária. Posteriormente, com o monitoramento do lençol freático sob as diferentes parcelas, observou-se que a tipologia florestal avançada apresentava o mesmo mais próximo da superfície do solo, o que sugere ser esta área de fase seral de outra pedosere. Desta forma, as três áreas em estudo não foram consideradas como diferentes fases de uma mesma sucessão secundária, mas sim, como áreas distintas em fase de sucessão secundária com diferentes idades e estrutura fitossociológica denominadas tipologias florestais.

Dentro de cada tipologia florestal foram selecionadas três espécies arbóreas que ocorriam ao mesmo tempo nas três tipologias selecionadas, à exceção das

espécies *Ilex theezans* (presente apenas nas tipologias INI e MED) e *Tapirira guianensis* (presente apenas na tipologia AVA). As espécies estudadas apresentavam alto Índice de Valor de Importância (IVI), como pode ser observado em levantamento fitossociológico realizado por Silvia Ziller e publicado em WISNIEWSKI *et al.* (1997) (QUADRO 1). O IVI é o somatório dos valores da densidade relativa, da frequência relativa e da dominância relativa de cada espécie.

QUADRO 1 - DENSIDADE RELATIVA (DR), FREQUÊNCIA RELATIVA (FR), DOMINÂNCIA RELATIVA (DomR), NÚMERO DE INDIVÍDUOS (N.º IND.) E ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTÂNCIA (IVI) DAS ESPÉCIES SELECIONADAS PARA ESTUDO, NAS TIPOLOGIAS FLORESTAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA, DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO

TIPOLOGIA FLORESTAL ESTUDADA	ESPÉCIE SELECIONADA	DR (%)	FR (%)	DomR (%)	N.º IND.	IVI
INICIAL	<i>Andira anthelminthica</i> Benth.	2,25	11,76	13,84	5	27,85
	<i>Ilex theezans</i> Mart.	77,48	14,71	67,38	172	159,56
	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	4,50	8,82	3,21	10	16,54
MÉDIA	<i>Andira anthelminthica</i> Benth.	2,05	5,71	19,16	9	26,92
	<i>Ilex theezans</i> Mart.	29,32	7,14	36,42	129	72,88
	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	3,18	5,71	4,35	14	13,25
AVANÇADA	<i>Andira anthelminthica</i> Benth.	5,22	4,17	8,83	18	18,21
	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	2,61	3,65	10,30	9	16,56
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	7,30	4,17	17,61	26	29,08

FONTE: WISNIEWSKI *et al.*, 1997

3.2.1 Tipologia florestal inicial

As árvores desta tipologia são resultado de rebrotas, com troncos de pequeno diâmetro formando touceiras. A altura média das árvores é de 5 m. A área possui baixa diversidade florística, presença de apenas um estrato arbóreo com clareiras irregulares entre as árvores, rara presença de epífitas e bromélias. O solo é coberto por líquens (*Cladonia* sp.). Registrou-se 11 espécies arbóreas, sendo que *Ilex theezans*, *Thernstroemia brasiliensis*, *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella* são

as de maior Índice de Valor de Importância (IVI) (WISNIEWSKI *et al.*, 1997), (FIGURA 1).

FIGURA 1 – VISTA DA TIPOLOGIA FLORESTAL INICIAL LOCALIZADA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO



FOTO: Celsa Zanuncio Protil

3.2.2 Tipologia florestal média

A floresta desta tipologia é bem desenvolvida, com dois estratos arbóreos distintos e um terceiro formando o sub-bosque onde se observa muitas bromélias e uma grande quantidade de regeneração natural das espécies presentes. O estrato superior tem em torno de 12,5 m de altura, o segundo 8 m de altura. O epifitismo é bem expressivo, principalmente com bromélias e orquídeas dentre outras epífitas. A floresta é relativamente sombreada sendo rara a presença de clareiras, observa-se ainda uma camada orgânica cobrindo o solo. Registrou-se 25 espécies arbóreas, sendo que *Ilex theezans* continua tendo o maior Índice de Valor de Importância, embora outras espécies já se sobressaiam a ela, como *Ternstroemia brasiliensis*, *Rapanea venosa*, *Gomidesia fenzliana* e *Clusia criuva* (WISNIEWSKI *et al.*, 1997), (FIGURA 2).

FIGURA 2 – VISTA DA TIPOLOGIA FLORESTAL MÉDIA LOCALIZADA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO



FOTO: Celsa Zanuncio Protil

3.2.3 Tipologia florestal avançada

A floresta desta tipologia possui três estratos distintos, densamente povoados com epífitas como bromélias, orquídeas e cactáceas. As copas das árvores já se interpõem, fechando bastante o dossel, a altura do estrato dominante oscila entre 11 e 14 m. O solo mineral é recoberto por uma espessa e úmida camada orgânica. O sub-bosque é composto por bromélias, palmeiras, aráceas, polipodiáceas dentre outras. Registrou-se 38 espécies arbóreas. A espécie *Ilex theezans*, tão importante nas duas tipologias anteriores, é rara na tipologia florestal avançada. As espécies mais frequentes são: *Tapirira guianensis*, *Ocotea aciphylla*, *Ocotea pulchella*, *Andira anthelminthica* e *Euterpe edulis* (WISNIEWSKI *et al.*, 1997), (FIGURA 3).

FIGURA 3 – VISTA DA TIPOLOGIA FLORESTAL AVANÇADA LOCALIZADA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO



FOTO: Renato Marques

3.3 HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Não há registro documental sobre as intervenções humanas ocorridas nas áreas selecionadas para este estudo. Segundo informações de antigo morador local (Seu Catuto), a tipologia florestal inicial sofreu dois cortes rasos consecutivos, queima e cultivo de abacaxi e mandioca por alguns anos, sendo posteriormente abandonada. O tempo decorrido desde então é de cerca de 24 anos (ano base 2006).

A tipologia florestal média sofreu um corte raso, queima e cultivo por alguns anos, sendo posteriormente abandonada, sendo o tempo de abandono de cerca de 37 anos (ano base 2006).

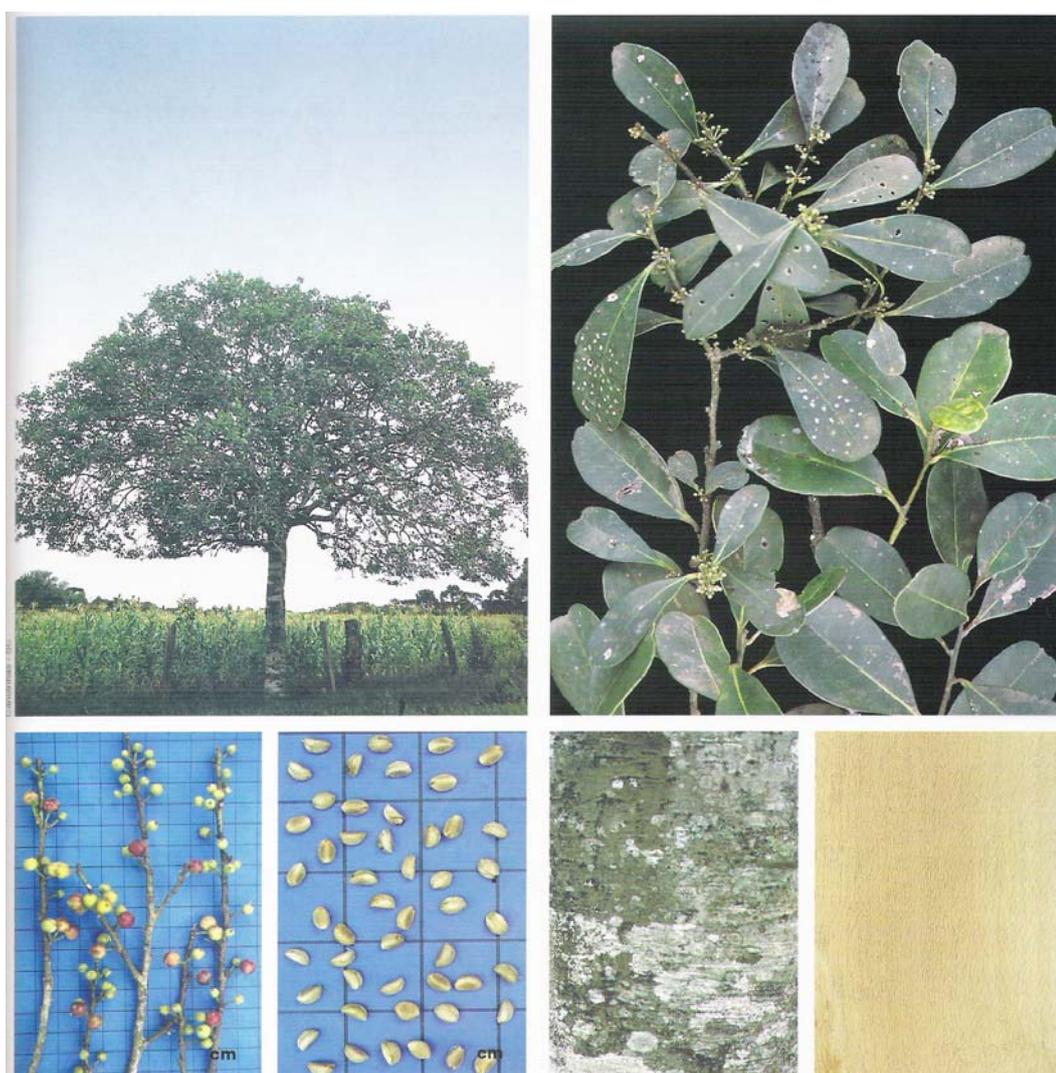
Na tipologia florestal avançada, segundo observações a campo, de exemplares arbóreos presentes na parcela estudada, e em seu entorno, é provável que não tenha havido corte raso, mas apenas corte seletivo de indivíduos arbóreos. O tempo decorrido desde então, segundo o morador local, é de 62 anos (ano base 2006).

3.4 CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS DAS ESPÉCIES EM ESTUDO

3.4.1 *Ilex theezans* Mart.

Planta heliófita, medindo de 12-18 m de altura, apresenta vasta e expressiva dispersão no sul do país. Floresce de setembro a dezembro e seus frutos amadurecem de janeiro a maio (LORENZI, 2000). Possui folhas simples, simétricas, coriáceas, com forma obovada, base aguda e ápice retuso e margem lisa (BOEGER, 2000). FIGURA 4.

FIGURA 4 - *Ilex theezans* Mart.

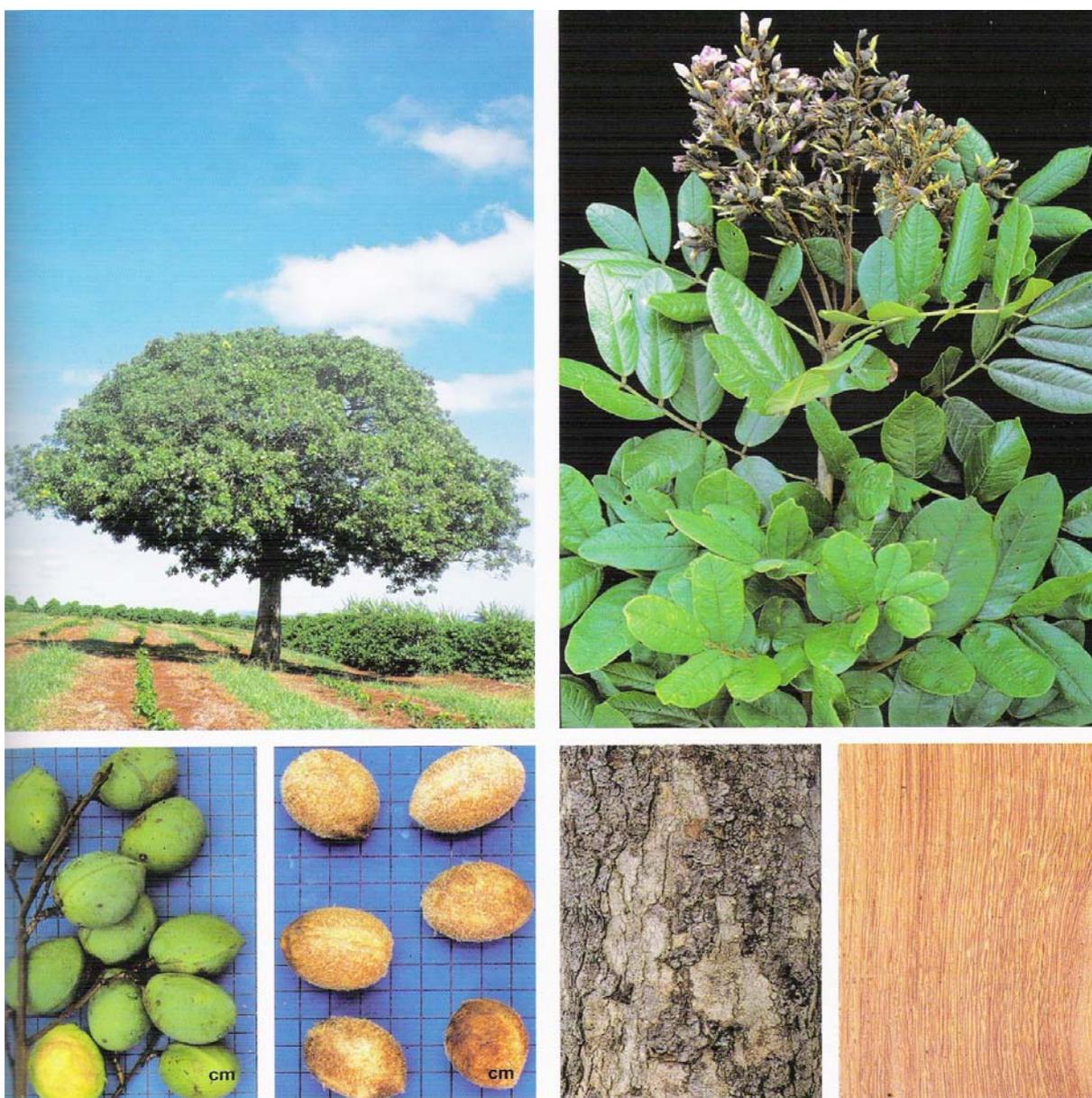


FONTE: LORENZI, 2000

3.4.2 *Andira anthelminthica* Benth.

Planta semidecídua, heliófita, medindo entre 14-18 m de altura, ocorre preferencialmente em fundo de vales e encostas úmidas, com ampla dispersão e baixa densidade populacional. Floresce de outubro a novembro e seus frutos amadurecem de fevereiro a março. Possui folhas compostas, imparipinadas, folíolos glabros e coriáceos (LORENZI, 2002). FIGURA 5.

FIGURA 5 - *Andira anthelminthica* Benth.



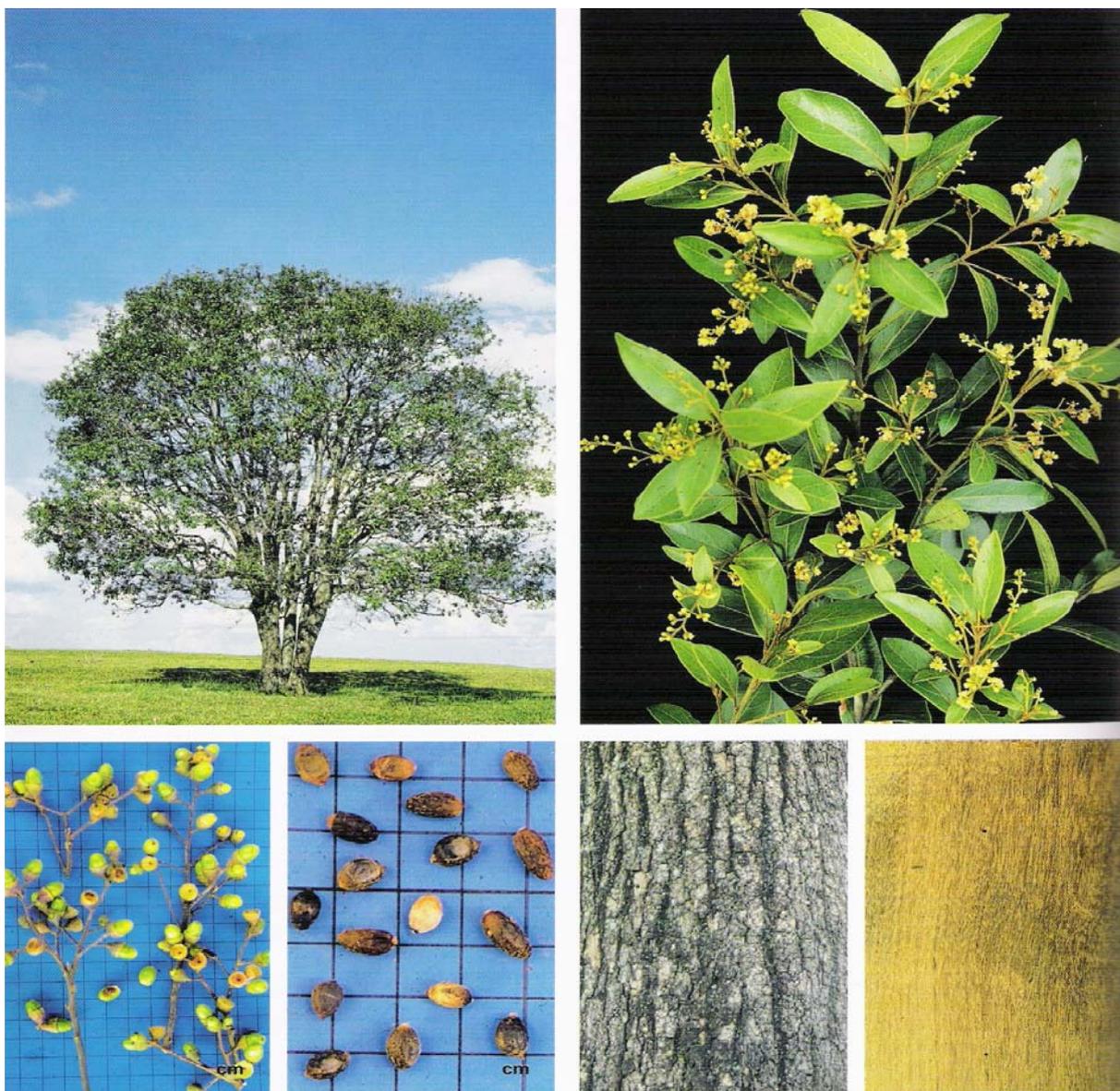
FONTE: LORENZI, 2000

3.4.3 *Ocotea pulchella* Mart.

Planta semidecídua, heliófita, medindo de 20-30 m de altura, ocorre na floresta, na restinga e no cerrado. Floresce em diferentes épocas do ano dependendo do local, porém, com maior intensidade entre os meses de novembro e janeiro e a frutificação predominante acontece entre maio e julho (LORENZI, 2000).

A folha é simples, simétrica, de forma elíptica, base e ápice agudo, textura coriácea (BOEGER, 2000). FIGURA 6.

FIGURA 6 - *Ocotea pulchella* Mart.



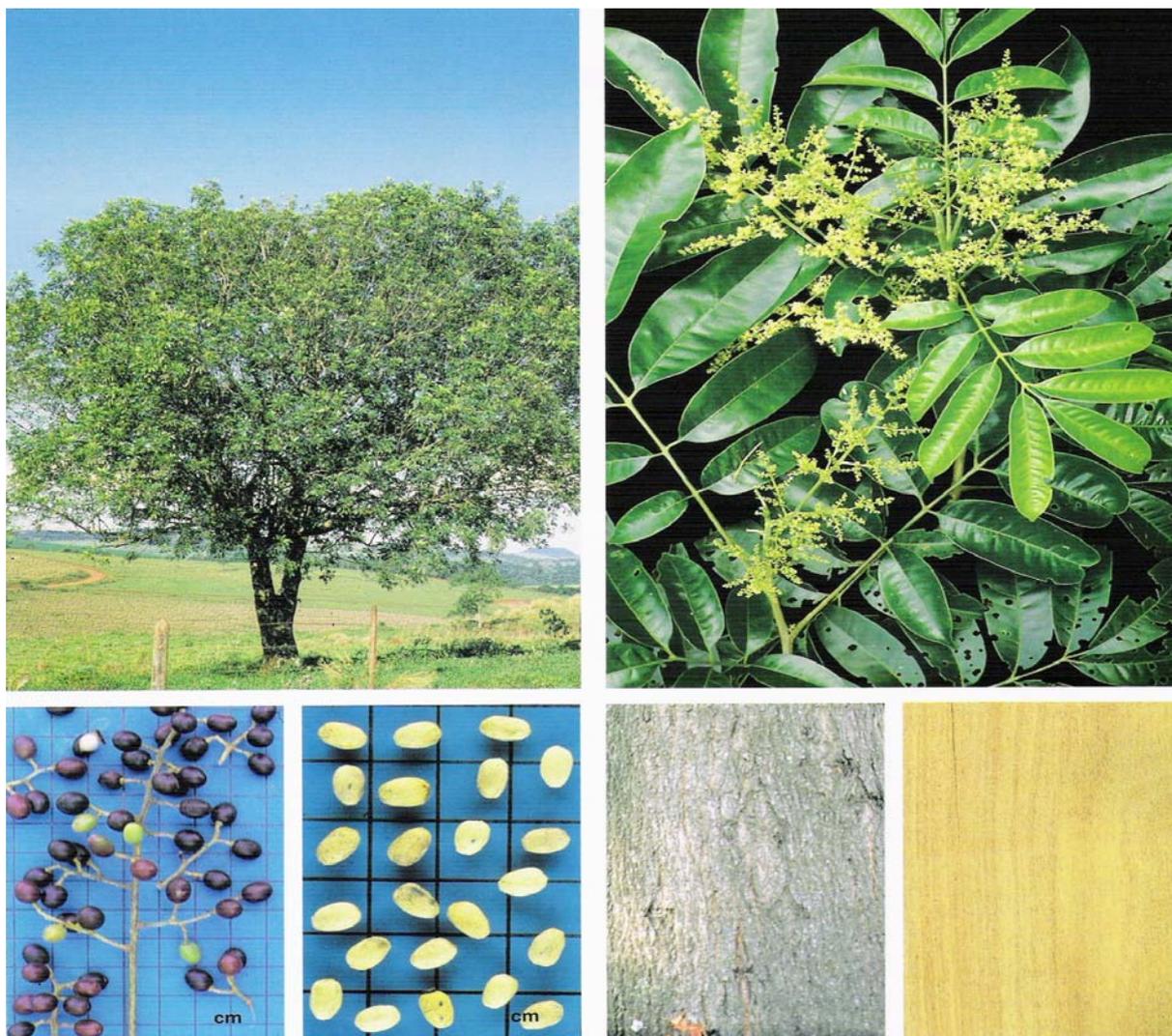
FONTE: LORENZI, 2000

3.4.4 *Tapirira guianensis* Aubl.

Planta perenifólia, heliófita, com altura entre 8-14 m. É característica da Floresta Ombrófila de Planície. Também é muito encontrada em formações secundárias de solos úmidos como os de várzeas e beira de rios. Floresce entre os meses de agosto e dezembro, a frutificação ocorre em janeiro, prolongando-se até março (LORENZI, 2000).

A folha é composta, imparipinada, de forma elíptica, base assimétrica e ápice acuminado (BOEGER, 2000), folíolos membranáceos e glabros (LORENZI, 2000). FIGURA 7.

FIGURA 7 - *Tapirira guianensis* Aubl.



FONTE: LORENZI (2000)

3.5 AMOSTRAGEM DE FOLHAS VERDES, FOLHAS DE SERAPILHEIRA E PRECIPITAÇÃO INTERNA

3.5.1 Coleta de folhas verdes

Dentro de cada uma das três tipologias florestais (INI, MED e AVA) demarcou-se uma parcela de 1000m². Estas parcelas foram subdivididas em dez subparcelas de 100 m², nas quais se concentraram as observações e coletas. No entanto, pode-se verificar pelas FIGURAS 8, 9 e 10 que algumas das árvores monitoradas encontravam-se fora das subparcelas. O monitoramento de árvores fora das subparcelas foi necessário já que, ou não havia número de indivíduos suficientes dentro destas subparcelas ou os indivíduos das espécies monitoradas encontravam-se em estrato inferior ao dossel dominante.

As folhas verdes das espécies selecionadas para o estudo foram coletadas em diferentes estações (inverno/2003, outono/2004, inverno/2004, primavera/2004, verão/2005) (TABELA 3), objetivando a análise química dos elementos N, P, K, Ca, Mg, Na e Al. Os indivíduos amostrados estavam dispostos conforme FIGURAS 8, 9 e 10.

Em cada tipologia florestal em estudo, foram selecionadas cinco árvores por espécie, das quais foram coletadas, a cada estação do ano, ramos com folhas verdes a pleno sol, direcionadas para a face norte. As coletas foram feitas com podão e, quando necessário, utilizou-se de escada de 6 m de comprimento e equipamento de montanhismo. Os ramos com as folhas foram acondicionados em sacos plásticos e levados ao Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas (LABINP) do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná, onde foram selecionadas as folhas verdes. A preparação das amostras para análise química foi feita no mesmo laboratório.

Para as espécies com folhas simples, foram selecionadas folhas a partir do terceiro ou quarto nó, no sentido ápice base de cada um dos ramos coletados, com base no trabalho desenvolvido por BOEGER (2000). Para as espécies com folhas compostas, foram separados folíolos do terceiro ou quarto verticilo. Cada amostra foi homogeneizada e separada em duas partes iguais. Uma delas, acondicionada em sacos de papel e levada a estufa a 60°C onde permaneceu até peso constante

(cerca de 72 horas). A outra amostra passou, consecutivamente, por três recipientes contendo água deionizada, com o objetivo de fazer a lavagem superficial das impurezas das folhas. A separação das folhas nas frações lavadas e não lavadas, e a posterior análise química dos elementos, objetivou avaliar o efeito de cada pré-tratamento (lavagem e não lavagem) na composição química foliar. Após, foram levadas à estufa a 60°C onde permaneceram até peso constante. Todas as amostras foram moídas em moinho BOSCH MKM 6003.

TABELA 3 – DATAS DE COLETA DE FOLHAS VERDES, FOLHAS DE SERAPILHEIRA E PRECIPITAÇÃO INTERNA NAS TIPOLOGIAS FLORESTAIS INI, MED E AVA DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO

DATA DA COLETA (dia/mês/ano)	FOLHAS VERDES			FOLHAS DE SERAPILHEIRA			PRECIPITAÇÃO INTERNA		
	INI	MED	AVA	INI	MED	AVA	INI	MED	AVA
25/08/2003	X	X	X						
04/04/2004							X		
23/04/2004	X	X	X				X		
18/05/2004							X		
04/06/2004							X	X	
25/06/2004							X	X	
14/07/2004							X	X	
06/08/2004	X	X	X				X	X	X
27/08/2004							X	X	X
16/09/2004							X	X	X
08/10/2004				X	X	X	X	X	X
27/10/2004				X	X	X	X	X	X
19/11/2004	X	X	X	X	X	X	X	X	X
09/12/2004				x	X	x	X	X	X
30/12/2004				X	X	X	X	X	X
21/01/2005				X	X	X	X	X	X
11/02/2005	X	X	X	X	X	X	X	X	X
03/03/2005				X	X	X	X	X	X
26/03/2005				X	X	X	X	X	X
19/04/2005				X	X	X	X	X	X
05/05/2005				X	X	X	X	X	X
25/05/2005				X	X	X	X	X	X
21/06/2005				X	X	X	X	X	X
11/04/2005				X	X	X	X	X	X
03/08/2005				X	X	X	X	X	X
24/08/2005				X	X	X	X	X	X
16/09/2005				X	X	X	X	X	X

FIGURA 8 – LOCALIZAÇÃO DA PARCELA EXPERIMENTAL DA TIPOLOGIA FLORESTAL INICIAL

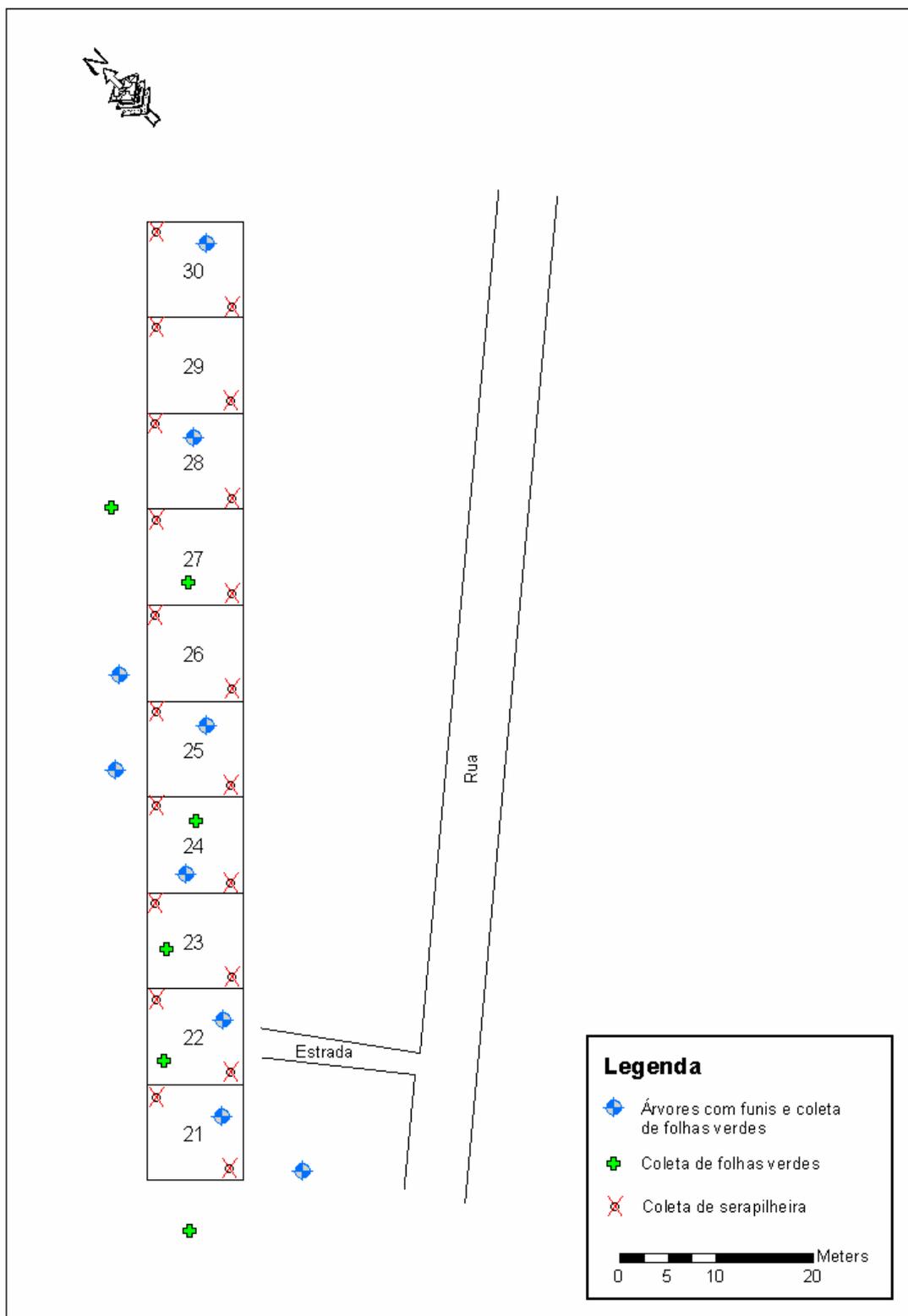


FIGURA 9 – LOCALIZAÇÃO DA PARCELA EXPERIMENTAL DA TIPOLOGIA FLORESTAL MÉDIA

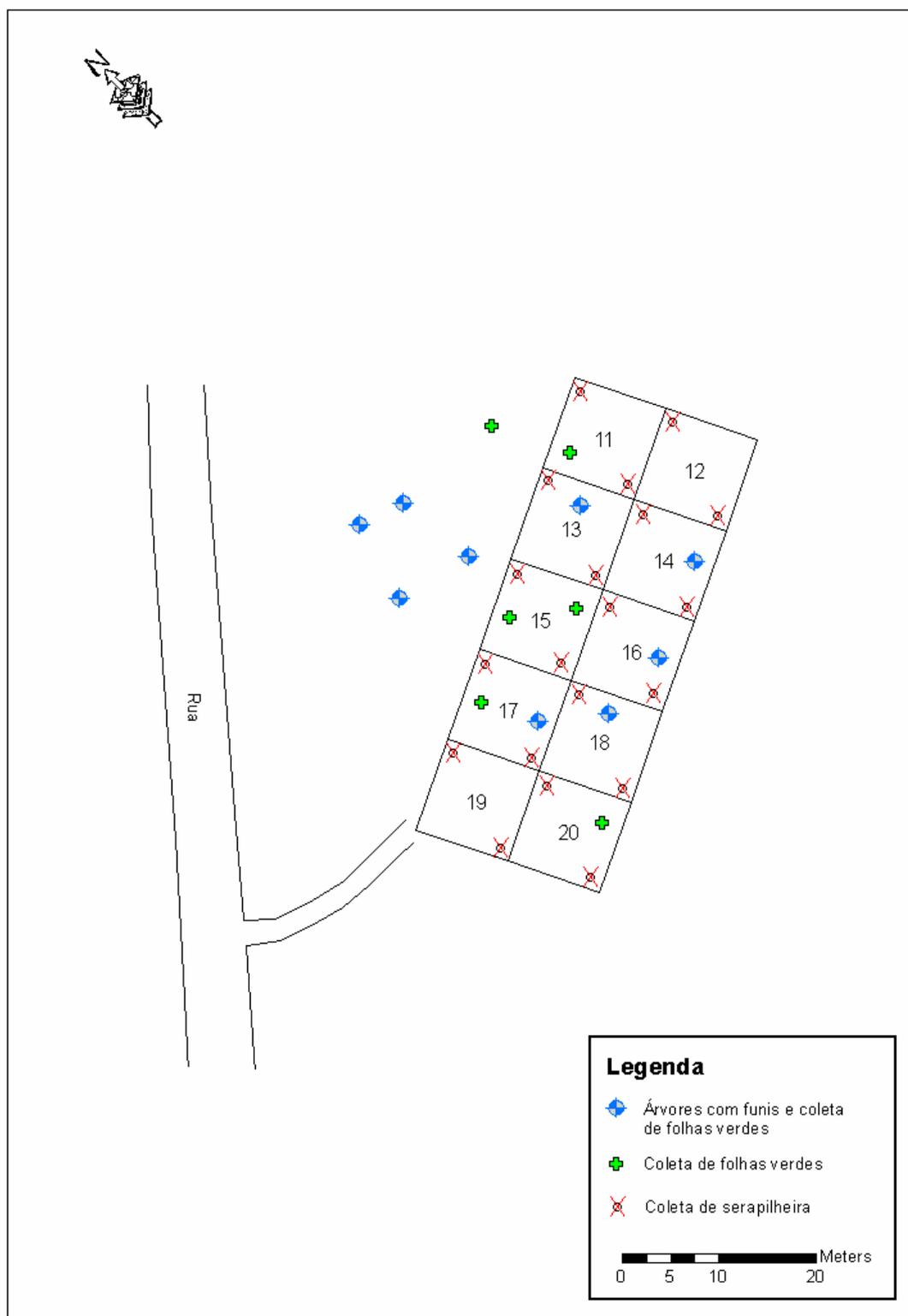
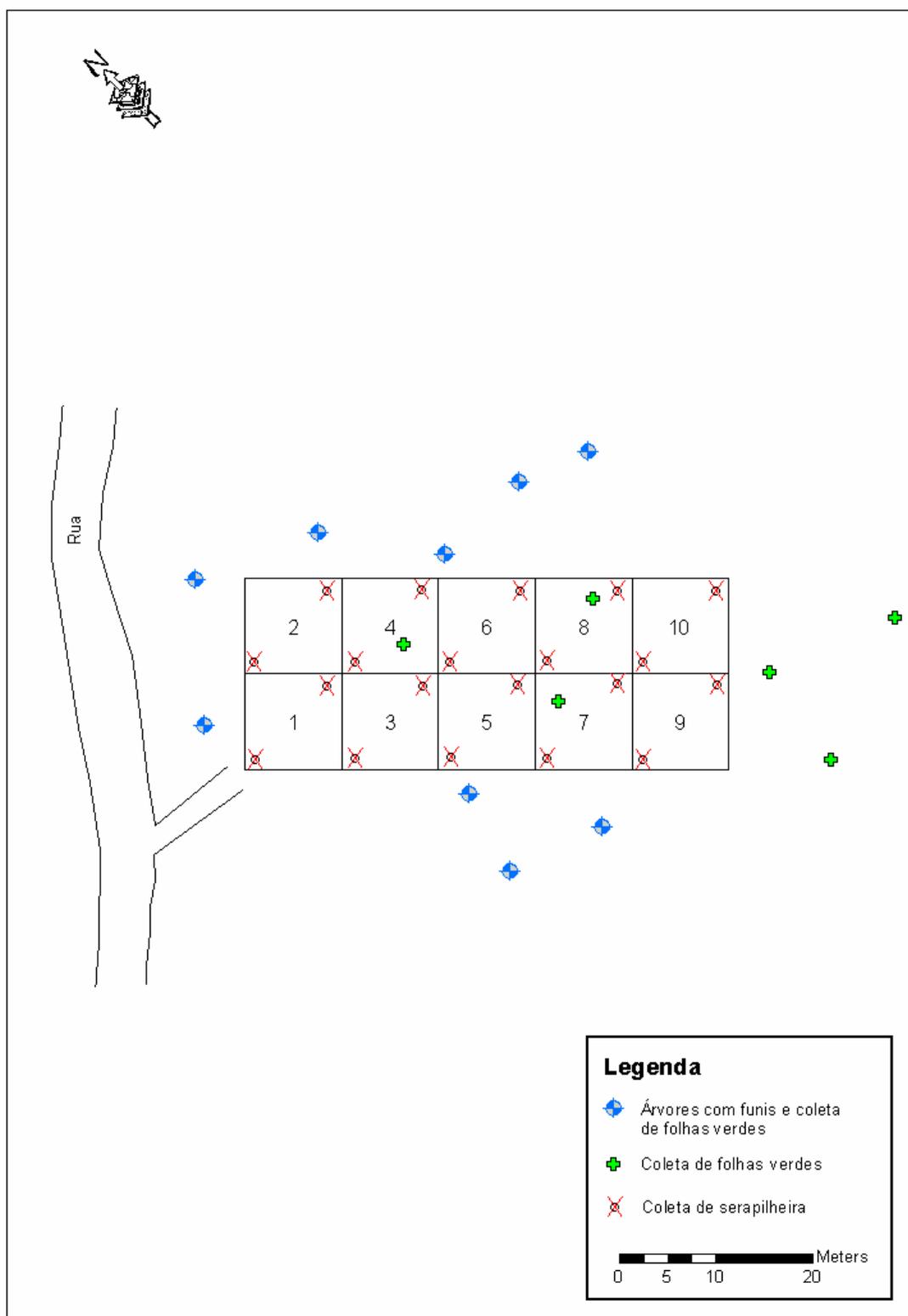


FIGURA 10 – LOCALIZAÇÃO DA PARCELA EXPERIMENTAL DA TIPOLOGIA FLORESTAL AVANÇADA



3.5.2 Coleta de folhas de serapilheira

A coleta da serapilheira foi feita nas mesmas tipologias florestais selecionadas para a coleta de folhas verdes. Em cada subparcela foram distribuídos 2 coletores, totalizando 20 coletores por área amostrada (FIGURAS 8, 9 e 10). Cada coletor tinha área de 50 x 50 cm (0,25 m²) e altura de 50 cm, sendo a área total de coleta de 5 m². Os coletores foram montados com estrutura de PVC e tela de *nylon* de malha de 2 mm (FIGURA 11). A coleta da serapilheira foi feita a cada 21 dias, durante o período de 08/10/2004 a 16/09/2005 nas três tipologias florestais selecionadas (TABELA 3). A serapilheira foi recolhida formando uma amostra única por parcela, acondicionada em sacos plásticos e levada ao laboratório, onde foi seca à temperatura ambiente. Posteriormente, foram separadas as folhas das espécies selecionadas para este estudo, que foram as mesmas analisadas na forma de folhas verdes: *Ilex theezans*, *Ocotea pulchella*, *Andira anthelminthica* e *Tapirira guianensis*.

As folhas triadas da serapilheira foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa a 60°C até peso constante. Após, foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g, agrupadas por estação do ano e moídas em moinho BOSCH MKM 6003 para posterior análise química.

A coleta de serapilheira feita em 09/12/2004 foi perdida acidentalmente no laboratório antes da pesagem e análise química do material, por este motivo não foi considerada na discussão.

FIGURA 11 - COLETOR DE SERAPILHEIRA INSTALADO NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO



FOTO: Celsa Zanuncio Prottil

3.5.3 Coleta da precipitação interna

Para o estudo da precipitação que passa pelo dossel, selecionou-se as mesmas espécies e indivíduos usados para o estudo do componente folhas verdes (FIGURAS 8, 9 e 10). Foram instalados, a diferentes alturas, em três árvores de cada espécie, três funis de 12 cm de diâmetro, totalizando 9 funis por espécie em cada tipologia florestal. Procurou-se instalá-los onde não houvesse galhos de árvores de outras espécies sobrepondo as mesmas ou epífitas acima dos funis, amenizando assim, a interferência destes no estudo (FIGURAS 12, 13 e 14). Cada um dos três funis foi conectado a uma mangueira de polietileno por onde ocorreu o transporte da água da chuva daquele funil até uma mangueira comum aos três funis. A partir deste ponto, esta única mangueira conduzia a água até o recipiente coletor, instalado embaixo de cada indivíduo. Este recipiente media 36 cm de altura e 29,5 cm de diâmetro, com capacidade para armazenar 24,6 L de água. A fim de evitar a entrada de restos vegetais, insetos e etc., dentro dos funis, cada um deles foi recoberto por tela de *nylon* de malha de 2 mm.

A coleta da água da chuva foi feita a cada 21 dias, durante o período de 04/04/2004 a 16/09/2005 para tipologia florestal denominada INI; de 04/06/2004 a

16/09/2005 para a tipologia florestal denominada MED e de 06/08/2004 a 16/09/2005 para a tipologia florestal denominada AVA (TABELA 3). Não foi possível iniciar todas as coletas na mesma data devido às dificuldades na instalação dos funis, principalmente nas árvores mais altas.

A cada coleta de água era medida a altura da lâmina d'água no coletor, recolhida uma amostra para análise e, feita a limpeza do recipiente com água deionizada.

Para calcular a altura da chuva em milímetros utilizou-se a seguinte fórmula:

$$H = (h * a_1) / a_2$$

Onde:

H = altura da precipitação pluviométrica em milímetros

h = altura da lâmina d'água medida em milímetros no balde coletor

a_1 = área do balde igual a 68314,6 mm²

a_2 = área dos funis igual a 33912 mm²

Para transformar o teor do bioelemento em mg/L para quantidade em kg/ha utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Q = (c * H) / 100$$

Onde:

Q = quantidade do bioelemento em kg/ha

c = concentração do bioelemento em mg/L

H = altura da precipitação pluviométrica em milímetros

FIGURA 12 - FUNIS, MANGUEIRA E RECIPIENTE COLETOR DE PRECIPITAÇÃO INTERNA, INSTALADOS NA TIPOLOGIA FLORESTAL INICIAL DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO



FOTO: Celsa Zanuncio Protil

FIGURA 13 - FUNIS, MANGUEIRA E RECIPIENTE COLETOR DE PRECIPITAÇÃO INTERNA, INSTALADOS NA TIPOLOGIA FLORESTAL MÉDIA DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO



FOTO: Celsa Zanuncio Protil

FIGURA 14 - MANGUEIRA E RECIPIENTE COLETOR DE PRECIPITAÇÃO INTERNA, INSTALADOS NA TIPOLOGIA FLORESTAL AVANÇADA DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO



FOTO: Celsa Zanuncio Protil

3.6 ANÁLISES QUÍMICAS

3.6.1 Folhas verdes e folhas da serapilheira

Todas as análises químicas foram efetuadas pela autora sob a orientação do técnico do Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição Mineral de Plantas (LABINP) do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, seguindo a mesma metodologia para folhas verdes e para folhas de serapilheira.

Os seguintes elementos foram analisados: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e alumínio (Al).

Para a determinação da concentração de N, o material vegetal foi submetido à digestão sulfúrica e destilado conforme método de Kjeldahl.

Para determinação da concentração de P, K, Ca, Mg, Na e Al, o material vegetal foi digerido em mufla a 500°C e solubilizado em HCl 10%, conforme PERKIN-ELMER (1976).

As leituras de K e Na foram realizadas em espectrofotômetro de emissão.

Ca, Mg e Al foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica em equipamento Shimadzu, modelo AA-6200.

P foi determinado pelo método colorimétrico com vanadato-molibdato de amônio (cor amarela) em espectrofotômetro Shimadzu UV/VIS, modelo 1240-Mini.

3.6.2 Precipitação interna

A análise química da precipitação interna também foi executada no Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas (LABINP) do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná.

No laboratório, as amostras foram filtradas em filtro de papel faixa azul 589³ e 150 mm de diâmetro e acondicionadas em geladeira para posterior determinação dos teores de nitrato (NO₃⁻), fósforo (P), potássio (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na).

A leitura do NO₃⁻ foi feita em espectrofotômetro Shimadzu UV/VIS, modelo 1240-Mini por espectrofotometria de absorção ultravioleta segundo NORMAN e STUCKI (1981).

P foi analisado segundo o método de MURPHY e RILEY (1962) (teste do ácido ascórbico) por colorimetria em espectrofotômetro Shimadzu UV/VIS, modelo 1240-Mini.

As leituras de K e Na foram realizadas por espectrofotometria de emissão.

3.7 REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES DAS FOLHAS VERDES

A redistribuição (R) de N, P, K, Ca, Mg e Na (ciclagem interna) das folhas verdes para partes mais jovens da planta, foi estimada conforme ATTIWILL *et al.* (1978).

$R (\%) = (\text{concentração do elemento nas folhas de serapilheira (g/kg)} - \text{concentração do elemento nas folhas verdes (g/kg)}) / \text{concentração do elemento nas folhas verdes (g/kg)} * 100$

A estimativa da redistribuição dos nutrientes foi feita para o inverno de 2004 e para o verão de 2005.

3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para a realização dos cálculos estatísticos utilizou-se o software estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versão 10.0. Trata-se de um software consagrado na área de ciências sociais, cujas principais ferramentas e testes estatísticos são de uso e aplicação universal. Como se tratava de um software acessível e também por não haver nenhuma restrição para análise de dados na área de ciências biológicas, optou-se por utilizá-lo nas análises estatísticas deste trabalho de pesquisa.

Na avaliação das duas metodologias utilizadas na preparação das amostras para análise da composição química do tecido foliar foi utilizado o teste K-S para verificar a normalidade das amostras, o teste de homogeneidade de Levene e o teste de Student na comparação múltipla de médias. Todos os testes consideraram um $p\text{-value} \leq 0,05$.

Com relação aos teores de bioelementos no tecido foliar, analisou-se inicialmente a normalidade e homogeneidade dos dados obtidos nas análises químicas. Estes dados foram apresentados graficamente através de um diagrama de extremos (BOX-Plot) modificado. Neste diagrama a barra central representa o intervalo de confiança com $p\text{-value} \leq 0,05$, enquanto os traços superiores e inferiores representam os valores máximos e mínimos observados nas amostras. Através deste gráfico é possível identificar visualmente similaridades entre as amostras que apresentem sobreposição de intervalos de confiança, pois, nestes casos as diferenças entre as amostras apresentarão valores iguais a “zero”, o que permite concluir que as amostras são estatisticamente iguais a um nível de 5% de significância. Os teores de bioelementos foram ainda agrupados por espécie e tipologia florestal e; por espécie e estação do ano para a realização de análises múltiplas de médias para cada bioelemento através do Teste de Tukey com $p\text{-value} \leq 0,05$.

Para avaliação da deposição de serapilheira, os dados coletados foram agrupados por estação e estimados em g/kg e kg/ha. Para calcular as diferenças estatísticas dos teores de nutrientes foram realizados testes de comparação de médias (teste de Tukey com $p\text{-value} \leq 0,05$), precedidos pelo teste K-S para testar a normalidade da amostra e do teste de Levene (LEVENE, 1960), para testar a homogeneidade de variâncias, sendo os dados transformados, quando necessário, para $\log(x + 1)$.

Na análise dos dados de precipitação pluviométrica e lixiviação das copas, obtida a partir das estações pluviométricas do Parque Estadual do Palmito (Projeto Solobioma) e de Paranaguá (INIMET), e das coletas periódicas a cada 3 semanas sob o dossel das espécies arbóreas estudadas, foram realizadas correlações utilizando o coeficiente de correlação de Sperrman (r_s) entre os teores de bioelementos e o volume precipitado. Além das análises de correlação, os dados foram agrupados por espécie e tipologia florestal, para a realização de análises múltiplas de médias para cada bioelemento através do Teste de Tukey com $p\text{-value} \leq 0,05$.

Tanto para tecido foliar quanto para folhas de serapilheira e precipitação lixiviada foram realizados agrupamentos hierárquicos de *clusters* para encontrar similaridades nutricionais entre espécies, sendo utilizada a distância euclidiana e o método Ward's de ligação para a geração de dendrogramas. A distância euclidiana mede o comprimento da reta que une duas observações num espaço p-dimensional. No método de Ward os *clusters* são formados de modo a minimizar a soma dos quadrados dos erros (ou soma de quadrados dentro dos *clusters*, em analogia com a soma dos quadrados dos erros ou dentro das amostras da ANOVA).

Segundo MAROCO (2003), o teste de Levene é um dos testes mais potentes utilizados para determinar a homogeneidade de variância populacional estimada a partir de amostras e é um teste particularmente robusto a desvios da normalidade. Para determinar se as variáveis sob estudo das amostras experimentais provém de uma população com uma distribuição normal foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S). O valor crítico $p\text{-value}$ da distribuição da estatística K-S produzido pelo SPSS foi calculado usando aproximação analítica da estatística de teste de

Lilliefors proposta por DALLAL e WILKINSON (1986). Lembrando que a regra é rejeitar H_0 se $p\text{-value} \leq \alpha$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AVALIAÇÃO DA LAVAGEM DAS FOLHAS SOBRE OS TEORES DE BIOELEMENTOS PRESENTES NESTAS FOLHAS

A TABELA 4 apresenta a avaliação das duas metodologias usadas na preparação das amostras para análise da composição química das folhas verdes. As amostras apresentaram variâncias homogêneas ($p < 0,05$) segundo o teste de Levene, e não foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) segundo o teste de Student quanto ao teor dos elementos N, P, K, Ca, Mg, Na e Al entre as folhas lavadas e as folhas não lavadas.

MIYAZAWA *et al.* (1999) descrevem que as folhas verdes devem ser lavadas rapidamente em água de torneira e enxaguadas com água destilada antes da análise química. DRECHSEL e ZECH (1991) revisaram uma série de trabalhos que visavam à determinação da composição química das folhas, e observaram que em mais de 75% destas pesquisas houve lavagem das folhas em água deionizada por duas vezes para a remoção de pó, salientando que esta é a metodologia comumente usada, já WESTERMAN (1990) afirma que normalmente não é necessário a lavagem das folhas para análise química, excepcionalmente esta metodologia é usada quando se determina os elementos Fe, Al e Si.

No caso específico deste trabalho, os resultados não mostraram mudanças significativas nos valores de teor foliar com a lavagem das mesmas, indicando que, para as condições das tipologias florestais estudadas, esta etapa na preparação das amostras para a análise química das folhas pode ser suprimida. A possível lavagem dos elementos contaminantes da superfície das folhas e a possível lixiviação de elementos móveis de dentro da planta, ou não ocorreu ou não foi significativa, ou seja, o resultado final não foi influenciado pela lavagem ou não das folhas.

TABELA 4 – TEORES DE BIOELEMENTOS EM FOLHAS VERDES LAVADAS E NÃO LAVADAS DAS DIFERENTES ESPÉCIES NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS E TESTES DE HOMOGENEIDADE E COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA OS BIOELEMENTOS

ESPÉCIE	TIPOLOGIA	METODOLOGIA	ESTATÍSTICA	N	P	K	Ca	Mg	Na	Al
<i>Andira anthelminthica</i>	INICIAL	Não lavada		22,13	0,98	2,74	5,69	1,94	0,80	0,18
		Lavada		22,75	0,96	2,64	6,10	1,89	0,79	0,21
			Levene*	0,06	0,64	0,62	0,87	0,65	0,77	0,09
			Student**	0,34	0,54	0,59	0,44	0,70	0,98	0,20
	MÉDIA	Não lavada		23,10	1,06	3,91	3,59	1,61	0,64	0,17
		Lavada		24,36	1,06	3,79	3,84	1,65	0,63	0,17
			Levene*	0,33	0,78	0,53	0,94	0,59	0,98	0,79
			Student**	0,09	1,00	0,70	0,43	0,67	0,93	0,94
	AVANÇADA	Não lavada		25,79	0,96	4,43	6,01	1,82	0,68	0,21
		Lavada		26,47	1,13	4,81	5,93	1,87	0,72	0,19
			Levene*	0,92	0,87	0,87	0,72	0,43	0,73	0,87
			Student**	0,58	0,15	0,51	0,93	0,81	0,73	0,60
<i>Ilex theezans</i>	INICIAL	Não lavada		11,96	0,59	2,98	7,46	4,45	4,90	0,36
		Lavada		11,76	0,59	2,89	7,86	3,93	4,38	0,39
			Levene*	0,06	0,54	0,66	0,52	0,27	0,28	0,93
			Student**	0,78	0,93	0,66	0,26	0,09	0,14	0,43
	MÉDIA	Não lavada		14,03	0,72	3,13	5,07	3,31	5,25	0,33
		Lavada		14,15	0,71	3,40	5,62	3,45	6,14	0,33
			Levene*	0,63	0,06	0,93	0,43	0,50	0,60	0,30
			Student**	0,77	0,78	0,48	0,14	0,39	0,10	0,84
<i>Ocotea pulchella</i>	INICIAL	Não lavada		13,25	0,68	2,28	5,87	1,48	1,49	0,45
		Lavada		14,33	0,71	2,24	6,15	1,45	1,49	0,51
			Levene*	0,56	0,81	0,99	0,43	0,50	0,91	0,60
			Student**	0,12	0,63	0,81	0,59	0,87	0,97	0,16
	MÉDIA	Não lavada		17,66	0,80	2,41	3,20	1,38	1,92	0,41
		Lavada		17,91	0,82	2,63	3,13	1,34	1,93	0,39
			Levene*	0,42	0,32	0,54	0,87	0,81	0,68	0,72
			Student**	0,58	0,60	0,37	0,85	0,70	0,95	0,67
	AVANÇADA	Não lavada		16,58	0,86	4,07	5,41	1,32	1,78	0,34
		Lavada		18,33	0,84	3,98	5,40	1,29	1,78	0,34
			Levene*	0,99	0,30	0,38	0,72	0,29	0,51	0,67
			Student**	0,07	0,68	0,86	0,97	0,71	0,99	0,95
<i>Tapirira guianensis</i>	AVANÇADA	Não lavada		15,07	0,83	4,38	16,53	3,40	0,73	0,20
		Lavada		16,36	0,84	3,89	16,65	3,44	0,73	0,21
			Levene*	0,93	0,64	0,55	0,66	0,72	0,90	0,35
			Student**	0,10	0,74	0,11	0,87	0,83	0,99	0,93

NOTA: * Nível de significância na avaliação da homogeneidade das variâncias utilizando o teste de Levene ($p < 0,05$); ** Nível de significância na comparação das médias utilizando o teste de Student ($p < 0,05$).

4.2 TEORES DE BIOELEMENTOS NAS FOLHAS VERDES DAS ESPÉCIES ARBÓREAS

Como não houve diferenças estatísticas nos teores dos elementos analisados entre folhas lavadas e folhas não lavadas, optou-se por trabalhar com um número maior de repetições, entre seis e dez, juntando-se, por elemento, em cada tipologia florestal, para cada espécie, por estação, todas as amostras coletadas.

Os teores de macronutrientes, sódio e alumínio nos tecidos foliares das espécies, nas três tipologias florestais estudadas são apresentados na TABELA 5 e nas FIGURAS 15 a 21. Os dados nas figuras são apresentados através de um BOX-Plot modificado, onde a barra central representa o intervalo de confiança com $p < 0,05$ enquanto os traços superiores e inferiores representam os valores máximos e mínimos observados na amostra.

TABELA 5 - TEORES MÉDIOS DE BIOELEMENTOS NAS FOLHAS VERDES DAS ESPÉCIES ARBÓREAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS (g/kg)

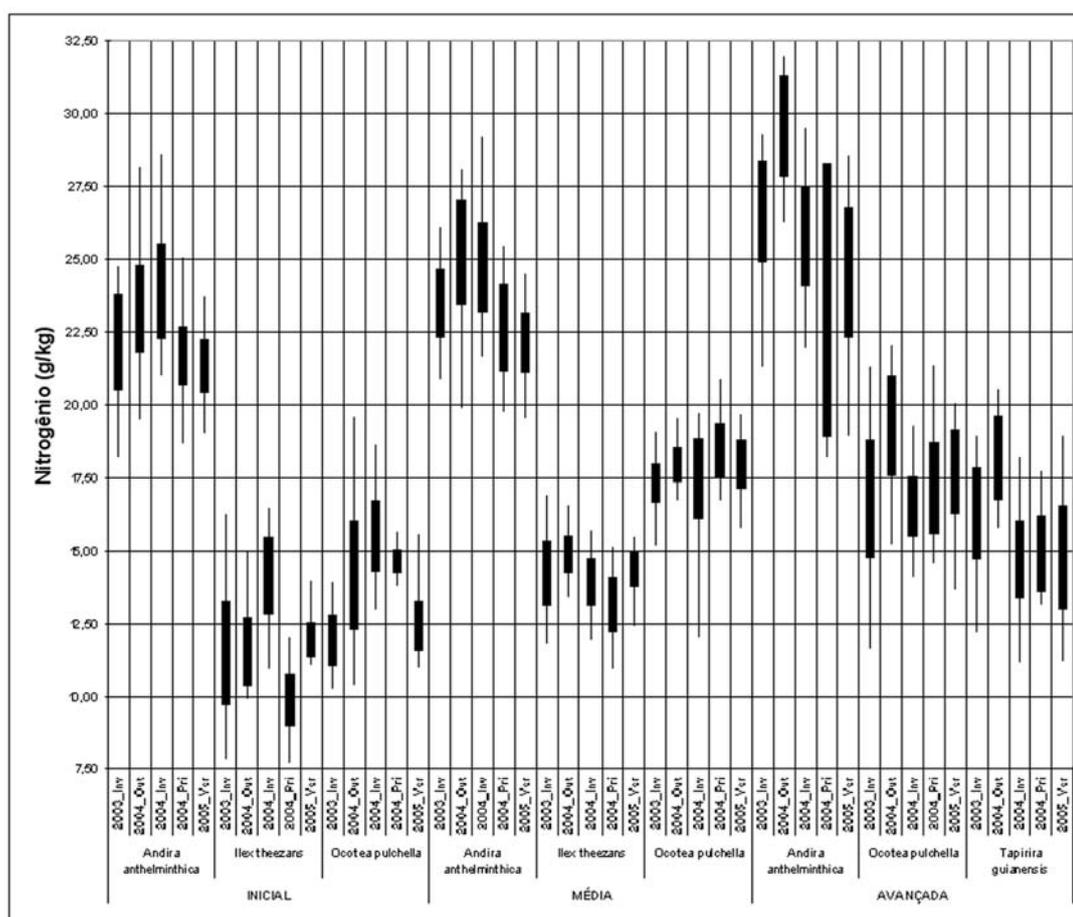
ESPÉCIE	<i>Andira anthelminthica</i>						<i>Ilex theezans</i>				<i>Ocotea pulchella</i>						<i>Tapirira guianensis</i>	
	INI		MÉD		AVA		INI		MED		INI		MED		AVA		AVA	
TIPOLOGIA	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
Nitrogênio	22,46 (b)	1,09	23,65 (ba)	1,33	26,02 (a)	2,30	11,80 (e)	1,52	14,07 (ed)	0,62	13,73 (ed)	1,52	17,82 (c)	0,44	17,48 (c)	1,10	15,77 (dc)	1,50
Fósforo	0,97 (a)	0,07	1,06 (a)	0,10	1,01 (a)	0,17	0,59 (c)	0,13	0,71 (bc)	0,12	0,69 (bc)	0,11	0,83 (abc)	0,10	0,85 (ab)	0,10	0,82 (abc)	0,13
Potássio	2,72 (bcd)	0,40	3,84 (abcd)	0,71	4,42 (a)	0,89	2,94 (abcd)	0,71	3,27 (abcd)	0,94	2,26 (d)	0,22	2,57 (cd)	0,74	4,08 (abc)	1,21	4,16 (ab)	0,57
Cálcio	5,81 (bcd)	1,21	3,70 (ed)	0,70	5,80 (bcd)	1,39	7,66 (b)	0,34	5,37 (cde)	0,46	6,04 (bc)	0,21	3,22 (e)	0,76	5,44 (bcde)	1,00	16,63 (a)	1,77
Magnésio	1,90 (c)	0,33	1,62 (c)	0,27	1,77 (c)	0,43	4,19 (a)	0,56	3,38 (b)	0,07	1,46 (c)	0,19	1,37 (c)	0,23	1,31 (c)	0,14	3,41 (b)	0,30
Sódio	0,78 (c)	0,24	0,64 (c)	0,19	0,69 (c)	0,21	4,64 (b)	0,81	5,70 (a)	0,59	1,48 (cd)	0,53	1,93 (c)	0,61	1,77 (c)	0,34	0,74 (d)	0,18
Alumínio	0,19 (bc)	0,07	0,17 (c)	0,10	0,20 (bc)	0,09	0,37 (abc)	0,12	0,33 (abc)	0,12	0,48 (a)	0,11	0,40 (ab)	0,12	0,34 (abc)	0,12	0,20 (bc)	0,11

NOTA: valores em linha seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); μ = média; σ = desvio padrão.

De um modo geral, os teores de N, P e K tenderam a aumentar da tipologia florestal INI para o AVA, embora, muitas vezes, sem apresentar diferenças significativas entre as observações. Já para Ca, Mg, Na e Al, os valores tenderam a ser maiores na tipologia florestal INI, também sem apresentar, em muitas das comparações, diferenças estatísticas (TABELA 5).

O teor de N em *Andira anthelminthica* foi bem superior em comparação com as outras três espécies, em todas as tipologias florestais. Os teores de N variaram de 26,02 g/kg em *Andira anthelminthica* a 11,80 g/kg em *Ilex theezans*. Os teores de N apresentaram cinco grupos estatisticamente distintos ($p < 0,05$). O primeiro grupo formado por *Andira anthelminthica* (tipologias florestais MED e AVA); o segundo grupo por *Andira anthelminthica* (INI e MED); o terceiro grupo foi composto por *Ocotea pulchella* (MED e AVA) e *Tapirira guianensis* (AVA); ao quarto grupo pertencem *Tapirira guianensis* (AVA), *Ilex theezans* (MED) e *Ocotea pulchella* (INI) e o último grupo formado por *Ilex theezans* (INI e MED) e *Ocotea pulchella* (INI) (TABELA 5). Os maiores teores de N nas folhas de *Andira anthelminthica* explicam-se por esta ser da família LEGUMINOSAE, cujas plantas podem se associar a bactérias que produzem nódulos e fixar biologicamente o nitrogênio da atmosfera.

FIGURA 15 – TEOR DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO



A FIGURA 15 apresenta o intervalo de confiança ($p < 0,05$) das amostras para os teores de N ao longo das estações do ano. Observa-se alta variabilidade entre as amostras, principalmente na tipologia florestal AVA. Como já discutido, *Andira anthelminthica* destaca-se pelos altos teores deste elemento, independentemente da estação amostrada. Porém, nota-se que esta espécie apresenta o maior intervalo de confiança observado. Para as três tipologias florestais, há uma tendência das espécies apresentarem maiores teores de N no outono/inverno e os menores na primavera/verão, com exceção da *Ocotea pulchella* na tipologia florestal MED, que apresentou tendência de maiores teores na primavera. Para *Andira anthelminthica*, o teor de N no outono (MED) é superior ao teor no verão na mesma tipologia florestal e, na tipologia florestal AVA, o teor no outono é superior ao observado na primavera. Para *Ilex theezans* o teor de N no inverno/2004 somente não difere do outono e do verão (INI). Para *Ocotea pulchella* observa-se que no outono/inverno2004 (INI) encontram-se os mais altos teores de N. Para *Tapirira guianensis* os maiores teores ocorreram no inverno 2003 e outono 2004 (TABELA 6).

Andira anthelminthica apresentou o maior teor médio de P (1,06 g/kg) e *Ilex theezans* (INI) o menor (0,59 g/kg). Foram identificados três grupos estatisticamente distintos: o primeiro grupo composto por *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella* (MED e AVA) e *Tapirira guianensis* (AVA); o segundo por *Ocotea pulchella* e *Ilex theezans* (MED) e *Tapirira guianensis* (AVA) e o terceiro por *Ocotea pulchella* (INI e MED), *Tapirira guianensis* (AVA) e *Ilex theezans* (INI e MED) (TABELA 5).

A FIGURA 16 apresenta o intervalo de confiança ($p < 0,05$) das amostras para teores de P nas diversas estações do ano. Nota-se que, assim como o ocorrido para N, as maiores variações nos teores de P para uma mesma espécie ocorreram na tipologia florestal AVA. Comparando-se as espécies, as maiores variações nos teores de P ocorreram para *Andira anthelminthica*. É interessante observar ainda que, para todas as espécies (TABELA 7), os menores teores de P ocorreram na primavera, embora sem acusar diferenças ($p < 0,05$) em muitas das observações. Provavelmente, o que ocorreu foi a redistribuição deste nutriente para a formação de flores, já que as espécies em estudo florescem de agosto a dezembro (LORENZI, 2000 e 2002, MARQUES e OLIVEIRA, 2004) e, como o fósforo participa do metabolismo dos meristemas de crescimento e na ativação de enzimas, acumula-se

principalmente nos tecidos jovens de metabolismo intenso (MENGEL; KIRKBY, 1987), sendo importante para a formação da fitina que se acumula nas sementes, ou seja, o fósforo é redistribuído para a formação de flores e frutos (MARSCHNER, 1995).

TABELA 6 – TEORES MÉDIOS DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg

TIPOLOGIA	INICIAL										MÉDIA										AVANÇADA									
	2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
<i>Andira anthelminthica</i>	22,12 (b)	2,24	23,29 (b)	2,44	23,89	2,53	21,68 (b)	1,65	21,33 (b)	1,47	23,48 (ab)	1,82	25,25 (a)	2,75	24,73 (ab)	2,47	22,64 (ab)	2,16	22,13 (b)	1,50	26,64 (ab)	2,70	29,56 (a)	2,18	25,79 (ab)	2,47	23,58 (b)	4,77	24,54 (ab)	3,45
<i>Ilex theezans</i>	11,50 (b)	2,31	11,53 (ab)	1,71	14,12 (a)	2,15	9,89 (b)	1,47	11,96 (ab)	0,93	14,24 (a)	1,63	14,88 (a)	0,98	13,92 (a)	1,32	13,16 (a)	1,38	14,16 (a)	1,12										
<i>Ocotea pulchella</i>	11,93 (c)	1,29	14,16 (abc)	3,06	15,52 (ab)	1,97	14,64 (b)	0,58	12,41 (bc)	1,38	17,31 (a)	1,07	17,93 (a)	0,98	17,46 (a)	2,22	18,41 (a)	1,42	17,97 (a)	1,21	16,75 (a)	3,11	19,27 (a)	2,49	16,51 (a)	1,62	17,14 (a)	2,23	17,72 (a)	2,10
<i>Tapirira guianensis</i>																					16,26 (ab)	2,30	18,20 (a)	1,96	14,72 (b)	2,05	14,89 (b)	1,86	14,77 (b)	2,61

NOTA: valores em linha seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

TABELA 7 – TEORES MÉDIOS DE FÓSFORO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg

TIPOLOGIA	INICIAL										MÉDIA										AVANÇADA									
	2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
<i>Andira anthelminthica</i>	1,00 (b)	0,13	1,01 (b)	0,06	1,02 (b)	0,10	0,86 (c)	0,09	0,96 (bc)	0,05	1,12 (ab)	0,11	1,04 (abc)	0,12	1,01 (bc)	0,10	0,94 (bc)	0,18	1,19 (a)	0,12	1,23 (ab)	0,30	1,09 (b)	0,03	1,04 (ab)	0,14	0,78 (bc)	0,34	0,91 (abc)	0,37
<i>Ilex theezans</i>	0,59 (bc)	0,06	0,65 (bc)	0,04	0,68 (ab)	0,08	0,37 (c)	0,05	0,66 (bc)	0,05	0,68 (ab)	0,07	0,85 (a)	0,20	0,71 (ab)	0,04	0,54 (bc)	0,10	0,80 (ab)	0,07										
<i>Ocotea pulchella</i>	0,76 (bc)	0,13	0,74 (b)	0,07	0,80 (b)	0,06	0,57 (c)	0,05	0,59 (c)	0,10	0,79 (bc)	0,07	0,82 (b)	0,04	0,91 (ab)	0,10	0,69 (bc)	0,05	0,92 (a)	0,09	0,80 (bc)	0,12	0,89 (ab)	0,08	0,86 (ab)	0,07	0,71 (b)	0,07	0,97 (ab)	0,14
<i>Tapirira guianensis</i>																					0,88 (ab)	0,16	0,74 (bc)	0,05	0,95 (a)	0,09	0,65 (c)	0,07	0,91 (a)	0,14

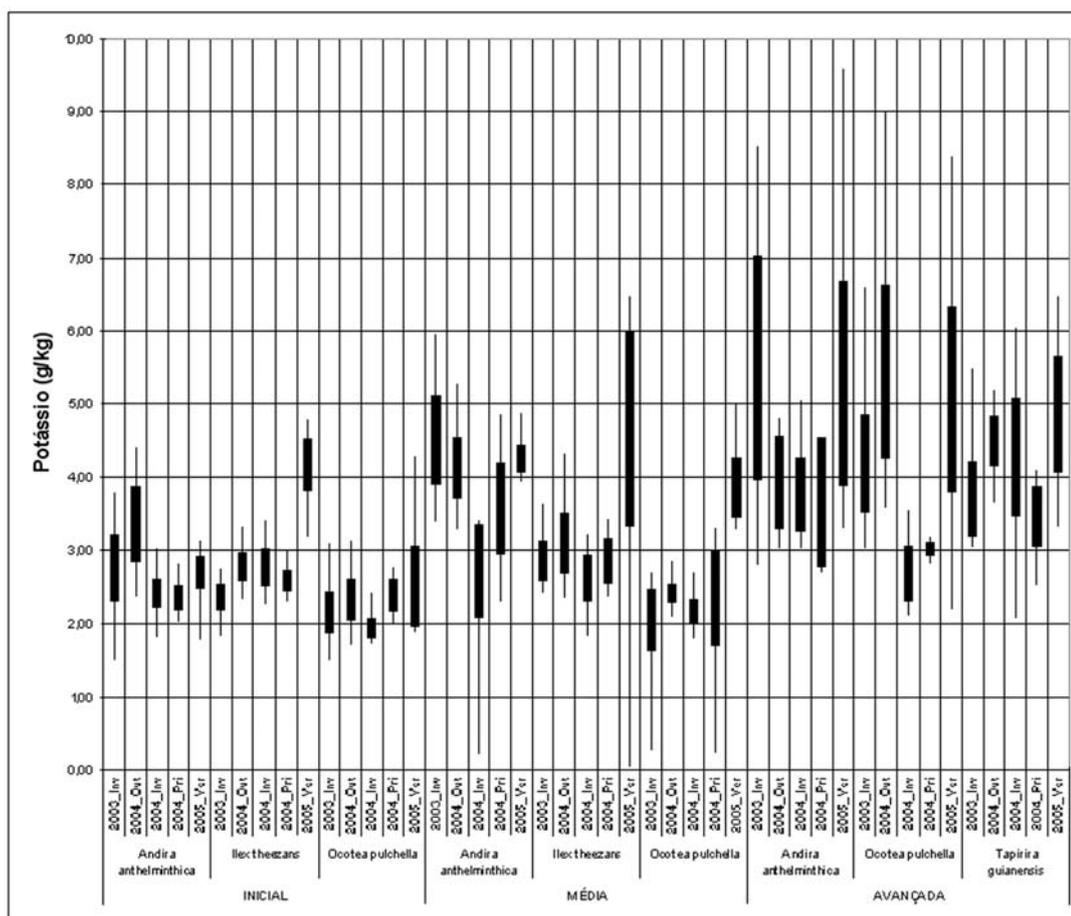
NOTA: valores em linha seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

FIGURA 16 – TEOR DE FÓSFORO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO



Para K, a espécie *Andira anthelminthica* (AVA) apresentou o maior teor médio (4,42 g/kg) e *Ocotea pulchella* (INI) o menor teor médio (2,26 g/kg). Quatro grupos estatisticamente distintos foram verificados para a concentração de K. As espécies *Andira anthelminthica* (MED e AVA), *Ilex theezans* (INI e MED), *Ocotea pulchella* e *Tapirira guianensis* (AVA) compõem o primeiro grupo; *Tapirira guianensis* e *Ocotea pulchella* (AVA), *Andira anthelminthica* e *Ilex theezans* (INI e MED) formam o segundo grupo; *Ocotea pulchella* (MED e AVA), *Andira anthelminthica* e *Ilex theezans* (ambas INI e MED), pertencem ao terceiro grupo e finalmente, *Andira anthelminthica*, *Ilex theezans* e *Ocotea pulchella* (INI e MED) representam o último grupo (TABELA 5).

FIGURA 17 – TEOR DE POTÁSSIO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO



Nota-se na FIGURA 17 que as maiores variações amostrais ($p < 0,05$) na concentração de K ocorreram para as tipologias florestais MED e AVA, independentemente das estações. Na tipologia florestal INI, foram pequenas as variações entre as unidades amostrais, para as três espécies estudadas.

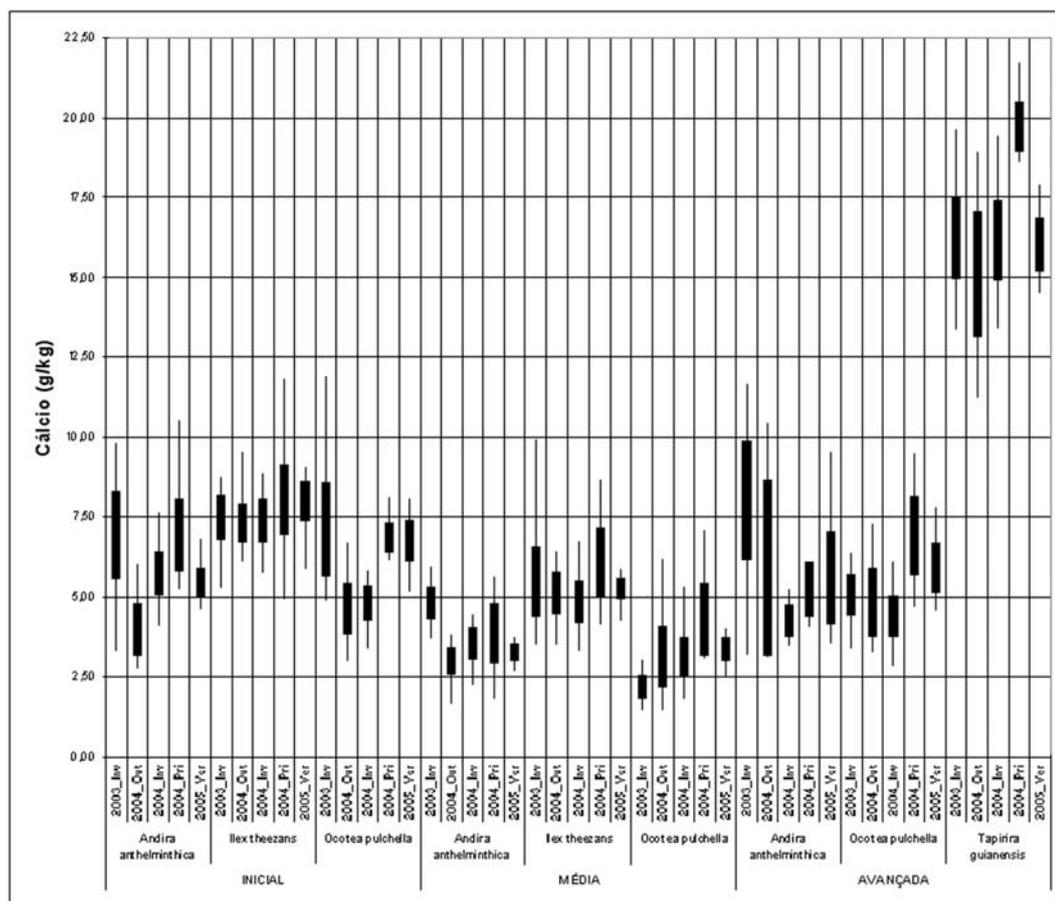
Para *Ilex theezans* e *Ocotea pulchella* nas tipologias florestais INI e MED os maiores teores médios de K foram observadas no verão. Os teores no verão, para as duas espécies acima citadas, são superiores àqueles das demais estações, para as duas tipologias florestais. Na tipologia florestal AVA, os maiores teores ocorreram no outono e no verão, porém não diferem do inverno/2003. *Andira anthelminthica* apresentou, na tipologia florestal INI, o maior teor no outono, e na tipologia florestal MED e AVA os maiores teores ocorreram no inverno e no verão. Para *Tapirira guianensis* (AVA) o teor médio foi maior no verão, embora distinto ($p < 0,05$) apenas

da primavera (TABELA 8).

O teor de Ca em *Tapirira guianensis* (16,33 g/kg) foi bem superior aos valores observados para as demais espécies, sendo os menores valores encontrados em *Ocotea pulchella* (3,22 g/kg). Altos teores de Ca em *Tapirira guianensis* também foram observadas por BOEGER (2000) e PINTO (2001). Este teor pode ser resultado da grande quantidade de drusas (cristais de oxalato de cálcio) nos tecidos foliares desta espécie, sendo que este acúmulo depende de cada espécie (FRANCESCHI; HORNER, 1980 *apud* BOEGER, 2000), já que na mesma tipologia florestal ocorrem espécies que não acumulam estes cristais. O acúmulo de cristais de cálcio nos órgãos dos vegetais tem como principal função remover o excesso de cálcio do sistema (BOEGER; WISNIEWSKI, 2003), o que não é o caso da tipologia em questão que apresenta baixa reserva de Ca, como pode ser observado na TABELA 2; defender a planta contra a herbivoria e manter uma reserva estratégica de cálcio ou oxalato (VOLK *et al.* 2002). É interessante salientar que, das espécies estudadas, *Tapirira guianensis* era a mais susceptível ao ataque por herbivoria. Na ocasião das coletas, era comum observar muitas folhas com significativa área destruída. TANNER e KAPOS (1982), observaram na vegetação de floresta alto-montana da Jamaica que 76% das espécies arbóreas estudadas apresentavam cristais nas folhas e relacionaram esta presença à defesa contra a herbivoria.

Os teores de Ca apresentaram cinco grupos estatisticamente distintos. O primeiro grupo formado por *Tapirira guianensis*; o segundo grupo por *Ilex theezans*, *Ocotea pulchella* e *Andira anthelminthica* (INI) e *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella* (AVA); o terceiro grupo formado por *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella* (INI e AVA) e *Ilex theezans* (MED); o quarto grupo formado por *Andira anthelminthica* (INI e AVA), *Ocotea pulchella* (AVA), *Ilex theezans* e *Andira anthelminthica* (MED) e o último grupo composto por *Ocotea pulchella* (MED e AVA) e *Andira anthelminthica* e *Ilex theezans* (MED) (TABELA 5).

FIGURA 18 – TEOR DE CÁLCIO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO



A FIGURA 18 apresenta o intervalo de confiança ($p < 0,05$) das amostras para os teores e a variabilidade amostral do Ca, para cada espécie, em diferentes estações do ano. As maiores variações amostrais ocorreram para *Andira anthelminthica* e *Tapirira guianensis* na tipologia florestal AVA. Excetuando-se a *Tapirira guianensis* que, conforme já discutido, apresenta teores bem mais elevados de Ca, há uma tendência de ocorrerem maiores teores deste elemento na tipologia florestal INI.

Embora não tenha ocorrido diferença entre estações para os teores médios de Ca em *Ilex theezans* nas tipologias florestais INI e MED, há uma tendência destes serem superiores na primavera. *Tapirira guianensis* (AVA) e *Ocotea pulchella* (três tipologias florestais), seguem a mesma tendência. *Andira anthelminthica* apresenta comportamento diferente, com os maiores teores no inverno 2003

(TABELA 9).

Os maiores teores médios de Mg foram encontrados em *Ilex theezans* (4,19 g/kg) e os menores em *Ocotea pulchella* (1,31 g/kg). Foram observados três grupos distintos: o primeiro formado por *Ilex theezans* (INI); o segundo por *Tapirira guianensis* e *Ilex theezans* (MED) e o último grupo por *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella* (INI, MED e AVA) (TABELA 5).

Os teores de Mg foram maiores para *Ilex theezans* e *Tapirira guianensis* (TABELA 5) e próximos aos valores observados por PINTO (2001) (TABELA 13). Já para as demais espécies, os teores foram bem mais baixos e semelhantes aos observados por VITOUSEK; SANFORD (1986) em solos pobres em nutrientes (TABELA 13). Para BOEGER E WISNIEWSKI (2003), os altos teores de Mg no tecido foliar podem estar relacionados à disponibilidade do mesmo no perfil orgânico e nas camadas mais superficiais dos solos nas diferentes tipologias florestais estudadas. No presente estudo, o acúmulo de Mg no tecido foliar parece ser mais dependente da espécie analisada do que da tipologia florestal na qual esta se encontra, conforme pode ser observado na FIGURA 19 e TABELA 10.

TABELA 8 – TEORES MÉDIOS DE POTÁSSIO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg

TIPOLOGIA	INICIAL										MÉDIA										AVANÇADA									
	2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
<i>Andira anthelminthica</i>	2,76 (bc)	0,73 (b)	3,36 (b)	0,74 (c)	2,42 (c)	0,32 (c)	2,36 (c)	0,29 (c)	2,69 (bc)	0,37 (a)	4,51 (a)	0,98 (a)	4,14 (a)	0,67 (bc)	2,72 (bc)	0,98 (ab)	3,57 (ab)	0,90 (a)	4,25 (a)	0,27 (a)	5,5 (a)	2,08 (ab)	3,93 (ab)	0,79 (ab)	3,77 (ab)	0,73 (ab)	3,65 (ab)	0,90 (a)	5,28 (a)	2,13
<i>Ilex theezans</i>	2,37 (b)	0,29 (b)	2,78 (b)	0,33 (b)	2,77 (b)	0,43 (b)	2,60 (b)	0,23 (a)	4,18 (a)	0,56 (b)	2,85 (b)	0,45 (b)	3,10 (b)	0,70 (b)	2,63 (b)	0,52 (b)	2,86 (b)	0,45 (a)	4,93 (a)	2,09										
<i>Ocotea pulchella</i>	2,16 (b)	0,47 (b)	2,32 (b)	0,47 (b)	1,93 (b)	0,21 (b)	2,39 (b)	0,33 (b)	2,51 (b)	0,92 (b)	2,05 (b)	0,68 (b)	2,41 (b)	0,22 (b)	2,17 (b)	0,28 (b)	2,35 (b)	0,93 (a)	3,86 (a)	0,61 (ab)	4,19 (ab)	1,08 (a)	5,45 (a)	1,74 (b)	2,69 (b)	0,61 (b)	3,02 (b)	0,13 (a)	5,05 (a)	1,82
<i>Tapirira guianensis</i>																					3,71 (ab)	0,82 (ab)	4,50 (ab)	0,49 (ab)	4,27 (ab)	1,32 (b)	3,47 (b)	0,59 (a)	4,87 (a)	1,16

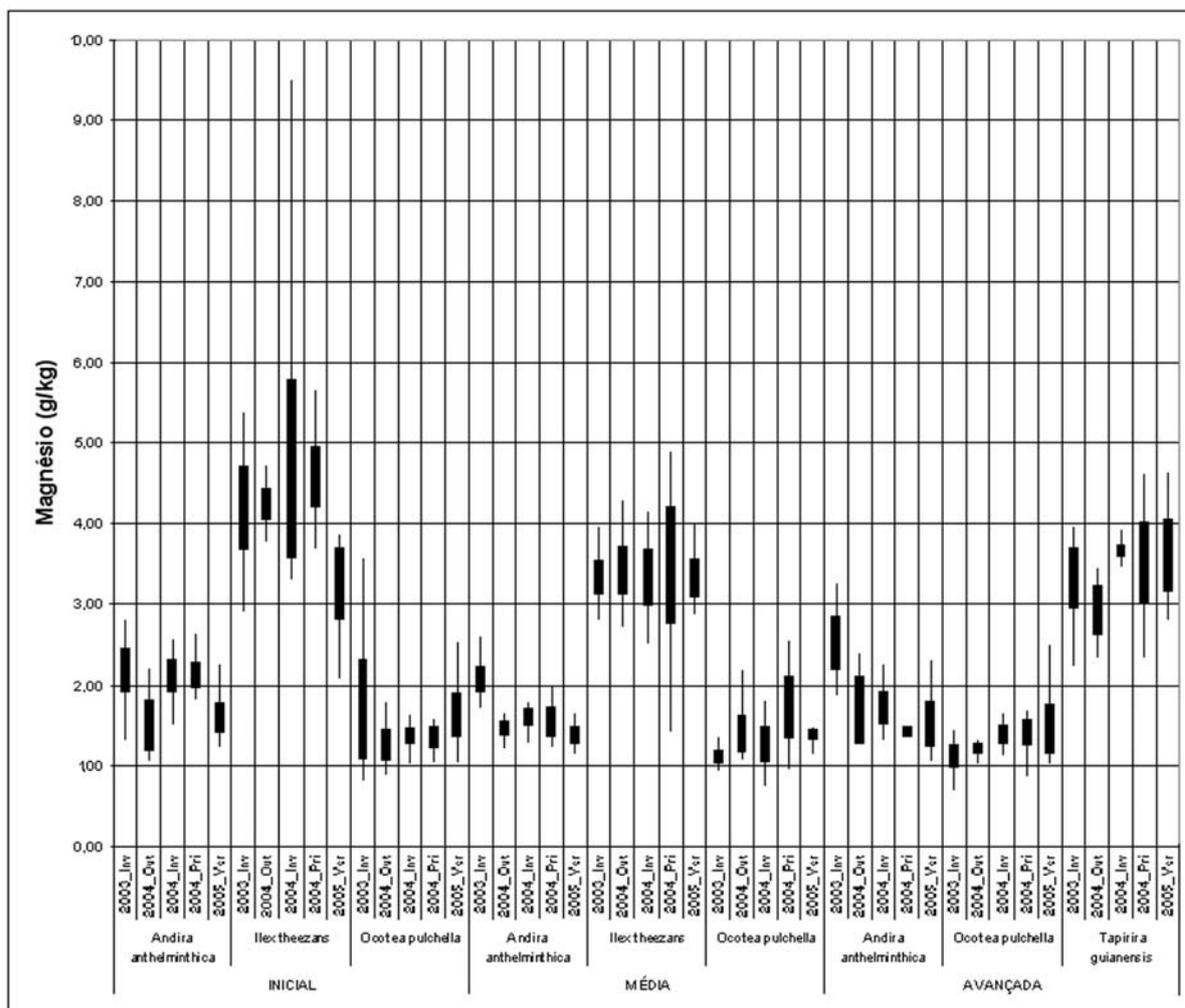
NOTA: valores em linha seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

TABELA 9 – TEORES MÉDIOS DE CÁLCIO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg

TIPOLOGIA	INICIAL										MÉDIA										AVANÇADA									
	2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
<i>Andira anthelminthica</i>	6,92 (a)	2,21 (b)	4,00 (b)	1,19 (ab)	5,73 (ab)	1,12 (a)	6,93 (a)	1,81 (ab)	5,47 (ab)	0,73 (a)	4,81 (a)	0,82 (b)	3,01 (b)	0,71 (b)	3,56 (b)	0,82 (ab)	3,87 (ab)	1,33 (b)	3,27 (b)	0,40 (a)	8,02 (a)	2,53 (ab)	5,92 (b)	3,45 (ab)	4,24 (b)	0,72 (ab)	5,24 (ab)	0,88 (a)	5,59 (ab)	2,20
<i>Ilex theezans</i>	7,50 (a)	1,17 (a)	7,33 (a)	0,98 (a)	7,42 (a)	1,08 (a)	8,06 (a)	1,79 (a)	7,99 (a)	1,01 (a)	5,47 (a)	1,76 (a)	5,13 (a)	1,05 (a)	4,85 (a)	1,06 (a)	6,08 (a)	1,59 (a)	5,32 (a)	0,47										
<i>Ocotea pulchella</i>	7,12 (a)	2,40 (ab)	4,64 (ab)	1,34 (ab)	4,81 (ab)	0,91 (a)	6,87 (a)	0,65 (a)	6,77 (a)	1,08 (b)	2,18 (b)	0,60 (b)	3,15 (b)	1,53 (b)	3,10 (b)	0,99 (ab)	4,30 (ab)	1,66 (b)	3,36 (b)	0,52 (a)	5,09 (ab)	1,03 (ab)	4,84 (ab)	1,60 (ab)	4,41 (ab)	1,00 (a)	6,93 (a)	1,81 (a)	5,94 (ab)	1,14
<i>Tapirira guianensis</i>																					16,21 (b)	2,07 (b)	15,09 (b)	2,88 (b)	16,16 (b)	2,02 (a)	19,69 (a)	1,15 (b)	16,01 (b)	1,20

NOTA: valores em linha seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

FIGURA 19 – TEOR DE MAGNÉSIO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO



A FIGURA 19 apresenta o intervalo de confiança ($p < 0,05$) dos teores e a variabilidade amostral do Mg para cada espécie em diferentes estações do ano. Observa-se que, de modo geral, a variabilidade no teor do Mg para as diferentes espécies é baixa. Não se observou padrão definido para o teor deste elemento entre estações (TABELA 10).

A espécie *Ilex theezans* apresentou o maior valor médio de Na (5,7 g/kg) e *Andira anthelminthica* o menor (0,64 g/kg). As altas concentrações de Na, principalmente em tecido foliar de *Ilex theezans*, podem ser explicadas, em parte, pela proximidade do mar, além de características inerentes à própria espécie, uma vez que *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella* apresentaram teores bem mais baixas nas mesmas tipologias. GOLLEY *et al.* (1978), observaram grande variação

(entre 0,1 e 3,2 g/kg) na concentração de Na em folhas de diferentes espécies de florestas tropicais úmidas no Panamá. KLINGE (1985) também observou altos teores deste elemento em folhas de espécies arbóreas de florestas tropicais na Amazônia Central, porém, não conseguiu identificar a origem do mesmo. EPSTEIN e BLOOM (2006) afirmam que algumas espécies, principalmente aquelas adaptadas a solos salinos com altas concentrações de sódio, podem usar este sal para substituir o potássio como regulador osmótico. A *Ilex theezans*, por ser uma espécie pioneira típica de restinga, pode ter desenvolvido a capacidade de acumular mais Na em seus tecidos, comparativamente às demais espécies, talvez para, em parte, substituir o K em suas funções, uma vez que este elemento estaria pouco disponível nos solos arenosos, com pouca matéria orgânica, como os observados na área em estudo, principalmente na tipologia florestal inicial.

Para Na foram observados quatro grupos estatisticamente distintos (TABELA 5). O primeiro formado por *Ilex theezans* (MED); o segundo por *Ilex theezans* (INI); o terceiro por *Ocotea pulchella* e *Andira anthelminthica* (nas três tipologias florestais) e o quarto por *Ocotea pulchella* (INI) e *Tapirira guianensis* (AVA).

A FIGURA 20 apresenta os teores e a variabilidade amostral do Na para cada espécie em diferentes estações do ano. Observa-se alta variabilidade amostral para *Ilex theezans* nas tipologias florestais INI e MED e ainda considerável variação para *Ocotea pulchella* na tipologia florestal MED. *Ocotea pulchella* (INI e AVA), *Andira anthelminthica* (nas três tipologias florestais) e *Tapirira guianensis* (AVA) apresentam pequena variabilidade amostral.

Não se observou padrão definido para o teor deste elemento entre estações do ano (TABELA 11).

TABELA 10 – TEORES MÉDIOS DE MAGNÉSIO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg

TIPOLOGIA	INICIAL										MÉDIA										AVANÇADA									
	2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver	
ESTAÇÃO	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
<i>Andira anthelminthica</i>	2,19 (a)	0,45 (b)	1,50 (a)	0,47 (a)	2,11 (a)	0,34 (a)	2,12 (a)	0,28 (a)	1,60 (b)	0,29 (b)	2,07 (a)	0,26 (b)	1,46 (b)	0,14 (b)	1,61 (b)	0,17 (b)	1,55 (b)	0,28 (b)	1,39 (b)	0,17 (b)	2,51 (a)	0,46 (b)	1,68 (b)	0,53 (b)	1,72 (b)	0,31 (b)	1,42 (b)	0,07 (b)	1,51 (b)	0,46 (b)
<i>Ilex theezans</i>	4,18 (ab)	0,83 (a)	4,24 (a)	0,33 (ab)	4,68 (ab)	1,80 (a)	4,58 (a)	0,63 (a)	3,26 (b)	0,73 (b)	3,33 (b)	0,36 (b)	3,43 (b)	0,49 (b)	3,34 (b)	0,57 (ab)	3,48 (ab)	1,06 (b)	3,33 (b)	0,34 (b)										
<i>Ocotea pulchella</i>	1,70 (a)	0,99 (a)	1,25 (a)	0,31 (a)	1,37 (a)	0,18 (a)	1,35 (a)	0,22 (a)	1,62 (a)	0,45 (a)	1,10 (a)	0,15 (a)	1,40 (a)	0,38 (a)	1,26 (a)	0,37 (a)	1,73 (a)	0,56 (a)	1,38 (a)	0,11 (a)	1,11 (a)	0,24 (a)	1,21 (a)	0,10 (a)	1,39 (a)	0,20 (a)	1,41 (a)	0,24 (a)	1,45 (a)	0,45 (a)
<i>Tapirira guianensis</i>																					3,32 (a)	0,62 (a)	2,92 (a)	0,44 (a)	3,67 (a)	0,14 (a)	3,52 (a)	0,72 (a)	3,61 (a)	0,66 (a)

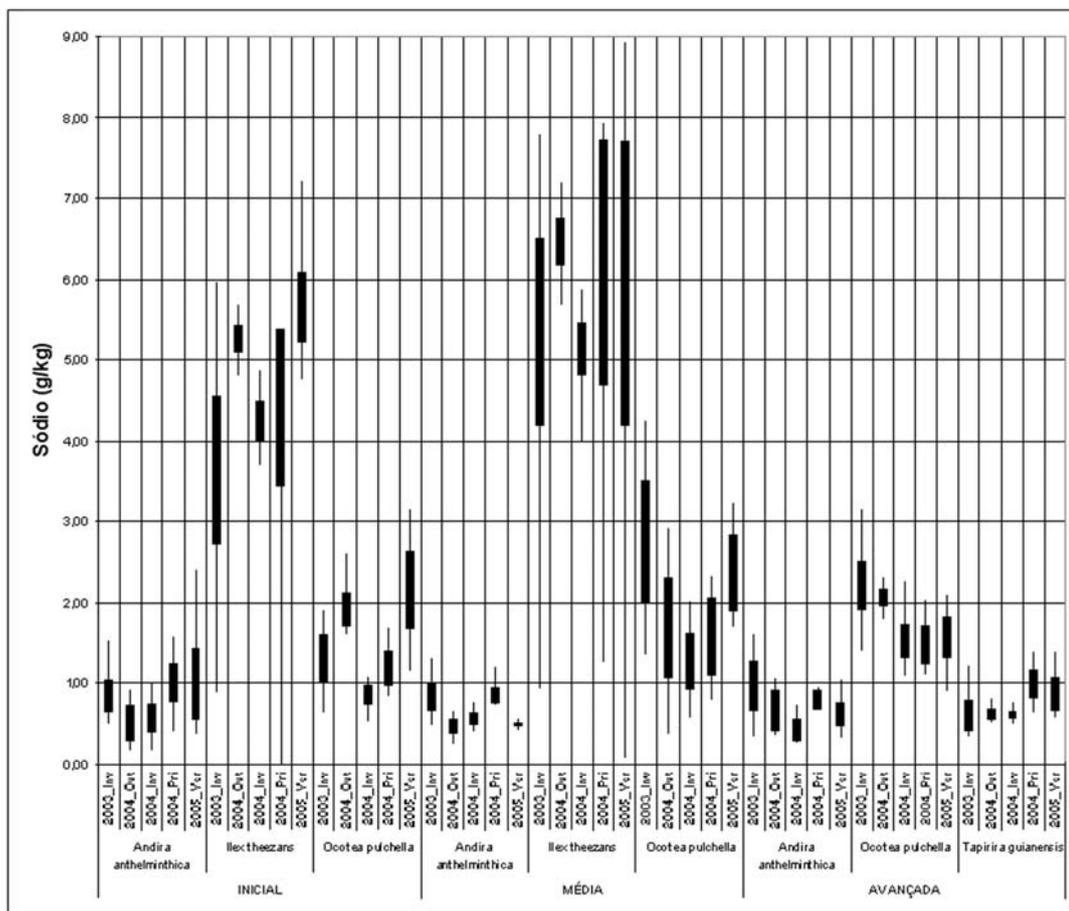
NOTA: valores em linha seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

TABELA 11 – TEORES MÉDIOS DE SÓDIO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg

TIPOLOGIA	INICIAL										MÉDIA										AVANÇADA									
	2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver	
ESTAÇÃO	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
<i>Andira anthelminthica</i>	0,84 (a)	0,33 (ab)	0,50 (ab)	0,33 (ab)	0,57 (ab)	0,29 (a)	1,01 (a)	0,40 (a)	0,99 (a)	0,72 (a)	0,83 (a)	0,29 (b)	0,46 (b)	0,15 (b)	0,55 (b)	0,12 (a)	0,85 (a)	0,15 (b)	0,49 (b)	0,04 (b)	0,97 (a)	0,43 (ab)	0,67 (b)	0,31 (b)	0,42 (b)	0,19 (a)	0,79 (a)	0,12 (a)	0,61 (ab)	0,23 (a)
<i>Ilex theezans</i>	3,64 (c)	1,43 (ab)	5,26 (ab)	0,28 (bc)	4,25 (abc)	0,41 (abc)	4,40 (abc)	1,56 (a)	5,65 (a)	0,71 (a)	5,35 (a)	1,89 (a)	6,46 (a)	0,48 (a)	5,13 (a)	0,53 (a)	6,20 (a)	2,20 (a)	5,35 (a)	3,10 (a)										
<i>Ocotea pulchella</i>	1,29 (bc)	0,49 (ab)	1,92 (ab)	0,35 (c)	0,86 (bc)	0,20 (bc)	1,18 (bc)	0,31 (a)	2,14 (a)	0,78 (a)	2,76 (a)	1,21 (abc)	1,69 (abc)	1,02 (bc)	1,27 (bc)	0,58 (b)	1,56 (b)	0,70 (a)	2,37 (a)	0,69 (a)	2,21 (a)	0,49 (ab)	2,05 (b)	0,17 (b)	1,53 (b)	0,35 (b)	1,48 (b)	0,35 (b)	1,57 (b)	0,38 (b)
<i>Tapirira guianensis</i>																					0,61 (b)	0,32 (b)	0,61 (b)	0,11 (b)	0,61 (b)	0,08 (a)	0,98 (a)	0,26 (a)	0,87 (ab)	0,31 (a)

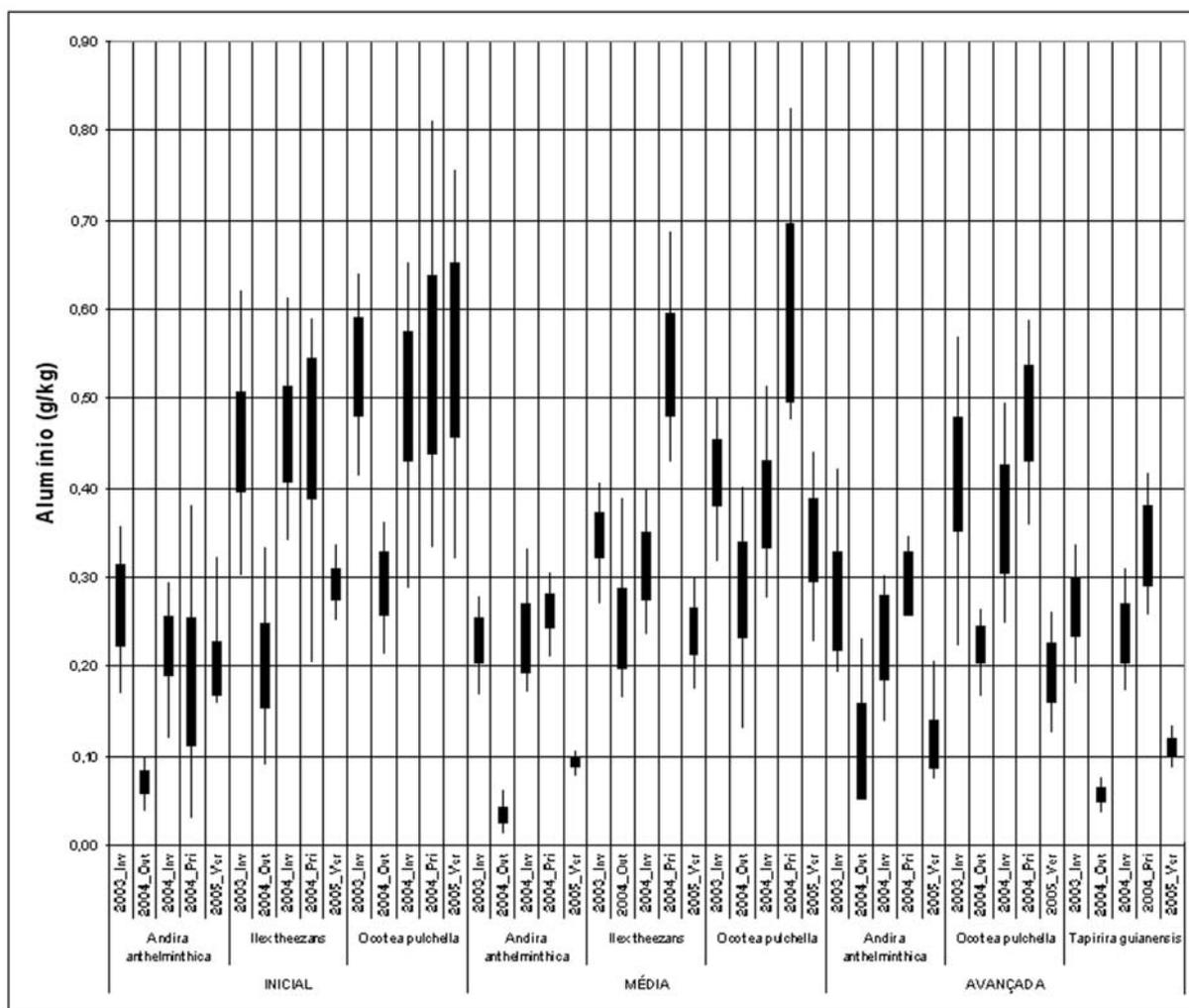
NOTA: valores em linha seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

FIGURA 20 – TEOR DE SÓDIO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO



Os teores médios de Al nas folhas variaram de 0,48 g/kg em *Ocotea pulchella* a 0,17 g/kg em *Andira anthelminthica*. Observa-se que os menores teores de Al ocorreram para *Andira anthelminthica* e *Tapirira guianensis*. BRITZ (2001), descreveu esta última espécie como não acumuladora de Al. PINTO (2001) observou em folhas maduras teores médios de Al mais baixos do que os observados no presente estudo (TABELA 13). Os teores de Al formam três grupos distintos. O primeiro composto por *Ocotea pulchella* (nas três tipologias florestais) e *Ilex theezans* (nas duas tipologias florestais); o segundo por *Ocotea pulchella* (MED e AVA), *Ilex theezans* (INI e MED) e *Andira anthelminthica* (INI e AVA) e *Tapirira guianensis* (AVA) e o último grupo composto por *Ilex theezans* (nas duas tipologias florestais) e *Ocotea pulchella* (AVA), *Tapirira guianensis* (AVA) e *Andira anthelminthica* (nas três tipologias florestais).

FIGURA 21 - TEORES DE ALUMÍNIO NAS FOLHAS VERDES (g/kg) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO



A FIGURA 21 apresenta o intervalo de confiança ($p < 0,05$) das amostras para o Al. Observa-se alta variabilidade entre as amostras, principalmente no inverno e na primavera. BRITZ (1994), em vegetação de restinga baixa, também observou grande variabilidade nos teores deste elemento tanto em folhas verdes como em folhas de serapilheira.

Para as espécies avaliadas, embora algumas observações não acusam diferenças significativas ($p < 0,05$) há uma tendência dos maiores teores ocorrerem na primavera e as menores no outono (FIGURA 18 e TABELA 12).

TABELA 12 – TEORES MÉDIOS DE ALUMÍNIO NAS FOLHAS VERDES PARA CADA TIPOLOGIA FLORESTAL POR ESTAÇÃO EM g/kg

TIPOLOGIA	INICIAL										MÉDIA										AVANÇADA									
	2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver		2003_Inv		2004_Out		2004_Inv		2004_Pri		2005_Ver	
ESTAÇÃO	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
<i>Andira anthelminthica</i>	0,27 (a)	0,08	0,07 (bc)	0,02	0,22 (a)	0,05	0,18 (ab)	0,12	0,20 (ab)	0,05	0,23 (a)	0,04	0,03 (c)	0,02	0,23 (a)	0,06	0,26 (a)	0,03	0,09 (b)	0,01	0,27 (a)	0,08	0,10 (b)	0,07	0,23 (a)	0,07	0,29 (a)	0,04	0,11 (b)	0,04
<i>Ilex theezans</i>	0,45 (a)	0,09	0,20 (c)	0,01	0,46 (a)	0,09	0,47 (a)	0,13	0,29 (bc)	0,03	0,35 (b)	0,04	0,24 (c)	0,01	0,31 (bc)	0,06	0,54 (a)	0,09	0,24 (c)	0,04										
<i>Ocotea pulchella</i>	0,54 (a)	0,09	0,29 (b)	0,06	0,50 (a)	0,12	0,54 (a)	0,15	0,55 (a)	0,16	0,42 (ab)	0,06	0,28 (bc)	0,09	0,38 (b)	0,08	0,60 (a)	0,14	0,34 (bc)	0,07	0,42 (ab)	0,10	0,22 (c)	0,03	0,37 (b)	0,09	0,48 (a)	0,08	0,19 (c)	0,05
<i>Tapirira guianensis</i>																					0,27 (ab)	0,06	0,06 (d)	0,01	0,24 (b)	0,05	0,34 (a)	0,07	0,11 (c)	0,01

NOTA: valores em linha seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A ordem decrescente dos teores ($p < 0,05$) dos bioelementos nos tecidos foliares das diferentes espécies foi:

Andira anthelminthica: $N > Ca \geq K \geq Mg \geq P = Na \geq Al$

Ocotea pulchella: $N > Ca \geq K \geq Na = Mg \geq P = Al$

Ilex theezans: $N > Ca \geq Na \geq Mg \geq K > P = Al$

Tapirira guianensis: $Ca = N > K = Mg > P = Na = Al$

Os teores foliares de N, K, Ca e Mg para *Ilex theezans*, *Ocotea pulchella* e *Tapirira guianensis* estão dentro da faixa de valores verificados por BRITZ (1994), BOEGER (2000) e PINTO (2001), com algumas exceções para Ca. Os teores de P estão bem acima dos valores reportados por BRITZ (1994) e por BOEGER (2000) e mais próximos aos verificados por CLEVELARIO JR., (1996) e PINTO (2001). *Andira anthelminthica* destacou-se por apresentar teores de N bem superiores aos reportados por estes autores. Teores tão elevados são consequência do fato da espécie pertencer a família LEGUMINOSAE, como já mencionado (TABELA 13).

Comparando os resultados dos teores médios obtidos para as folhas verdes com os teores nas folhas de espécies tropicais assentadas sobre solos muito pobres em nutrientes, solos pobres em nutrientes e solos ricos em nutrientes (VITOUSEK e SANFORD, 1986, TABELA 13), observou-se que os teores de N para *Ilex theezans* encontram-se na faixa do observado em solos muito pobres em nutrientes. *Ocotea pulchella* e *Tapirira guianensis* apresentam teores de N nas folhas próximos aos observados em florestas sobre solos pobres em nutrientes e *Andira anthelminthica* apresenta valores dentro do intervalo reportado para solos ricos em nutrientes. Para Ca, os teores observados neste estudo foram pouco superiores aos detectados pelos referidos autores em solos pobres em nutrientes e para Mg observou-se teores superiores para *Ilex theezans* e *Tapirira guianensis* e inferiores para *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella* em relação aos solos pobres em nutrientes. Os teores de K, com exceção dos verificados na tipologia florestal AVA, ficaram abaixo dos observados em solos pobres em nutrientes. Os teores de P para *Andira anthelminthica* foram pouco inferiores aos reportados para solos ricos em nutrientes. As demais espécies apresentaram os teores de P próximos aos reportados para solos pobres em nutrientes.

TABELA 13 - TEORES DE BIOELEMENTOS EM g/kg NAS FOLHAS DE ALGUMAS ESPÉCIES ARBÓREAS DE FLORESTAS TROPICAIS

TIPOLOGIA	ESPECIE	FONTE	N	P	K	Ca	Mg	Na	Al
INICIAL	<i>Andira anthelminthica</i>	Este estudo	22,46	0,97	2,72	5,81	1,90	0,78	0,19
	<i>Ilex theezans</i>	Este estudo	11,80	0,59	2,94	7,66	4,19	4,64	0,37
		BOEGER (2000)	9,17	0,15	2,3	7,71	6,25	n.d.	n.d.
		PINTO (2001)	10,52	0,44	2,88	8,06	4,08	0,24	0,2
	<i>Ocotea pulchella</i>	Este estudo	13,73	0,69	2,26	6,04	1,46	1,48	0,48
		BOEGER (2000)	13,44	0,20	3,75	6,06	3,17	n.d.	n.d.
MÉDIA	<i>Andira anthelminthica</i>	Este estudo	23,65	1,06	3,84	3,70	1,6	0,64	0,17
	<i>Ilex theezans</i>	BOEGER (2000)	13,07	0,18	3,37	6,15	5,5	n.d.	n.d.
		PINTO (2001)	12,16	0,55	3,98	6,29	3,89	0,22	0,18
		Este estudo	14,07	0,71	3,27	5,37	3,38	5,70	0,33
	<i>Ocotea pulchella</i>	BOEGER (2000)	14,25	0,21	3,21	2,38	2,13	n.d.	n.d.
		PINTO (2001)	14,79	0,72	3,72	3,97	1,09	0,22	0,18
Este estudo		17,82	0,83	2,57	3,22	1,37	1,93	0,40	
AVANÇADA	<i>Andira anthelminthica</i>	Este estudo	26,02	1,01	4,42	5,80	1,77	0,69	0,20
	<i>Ocotea pulchella</i>	BOEGER (2000)	17,59	0,31	4,57	2,96	1,67	n.d.	n.d.
		PINTO (2001)	15,32	0,59	4,80	11,0	0,70	0,37	0,15
		Este estudo	17,48	0,85	4,08	5,44	1,31	1,77	0,34
	<i>Tapirira guianensis</i>	BOEGER (2000)	14,91	0,29	5,48	14,21	3,38	n.d.	n.d.
		PINTO (2001)	16,32	0,80	6,06	12,46	3,19	0,06	0,01
Este estudo		15,77	0,82	4,16	16,63	3,41	0,74	0,20	
Rio de Janeiro	Floresta tropical	CLEVELARIO (2006)	18,2	0,75	11,3	7,5	3,3	3,8	n.d.
Rest. alta	<i>Ocotea pulchella</i>	BRITEZ (1994)	16,45	0,37	3,25	3,15	1,90	n.d.	0,26
Rest. alta	<i>Tapirira guianensis</i>	BRITEZ (1994)	17,35	0,47	5,05	7,10	3,30	n.d.	0,11
Rest. baixa	<i>Ilex theezans</i>	BRITEZ (1994)	8,60	0,25	4,90	5,30	4,1	n.d.	0,26
Rest. baixa	<i>Tapirira guianensis</i>	BRITEZ (1994)	11,0	0,4	3,1	13,2	2,9	n.d.	0,09
Rest. baixa	<i>Ocotea pulchella</i>	BRITEZ (1994)	14,4	0,38	2,95	2,50	1,35	n.d.	0,27
Manaus	Leguminosa	KLINGE (1985)	13,0	0,38	7,32	5,57	1,87	1,94	n.d.
Solo pobre em nutrientes	Floresta tropical	VITOUSEK e SANFORD (1986)	10,20	0,60	6,00	6,00	2,30	n.d.	n.d.
Solo muito pobre em nutrientes	Floresta tropical	VITOUSEK e SANFORD (1986)	17,10	0,60	4,70	3,10	1,80	n.d.	n.d.
Solo rico em nutriente	Floresta tropical	VITOUSEK e SANFORD (1986)	24,00	1,40	15,00	16,10	4,80	n.d.	n.d.
Panamá	Floresta tropical	GOLLEY <i>et al.</i> (1978)	n.d.	2,20	14,30	21,20	2,70	0,2	n.d.
Panamá	Floresta tropical	GOLLEY <i>et al.</i> (1978)	n.d.	0,29	10,20	11,00	3,70	2,8	n.d.
Panamá	Floresta tropical	GOLLEY <i>et al.</i> (1978)	n.d.	1,40	12,20	18,40	3,20	0,3	n.d.

NOTA: n.d. = não determinado.

4.3 DEPOSIÇÃO DE FOLHAS DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS

As quantidades de folhas de serapilheira depositadas nas tipologias florestais INI, MED e AVA são apresentadas na TABELA 14 e nas FIGURAS 21 a 24.

O total de folhas de serapilheira produzido pelas espécies selecionadas no período de um ano foi de 1536,3 kg/ha na tipologia florestal INI, de 2637,0 kg/ha na tipologia florestal MED e 954,1 kg/ha na tipologia florestal AVA. ROCHA (2006), para o período de um ano, obteve na mesma área em estudo, para estas mesmas espécies, 3126,3 kg/ha na tipologia florestal INI, 3403,0 kg/ha na tipologia florestal MED e 1021,9 kg/ha na tipologia florestal AVA. PINTO (2001) também reportou maior deposição de folhas de serapilheira na tipologia florestal MED. ROCHA (2006) relacionou as maiores quantidades depositadas nesta tipologia florestal à estrutura da mesma.

Na presente pesquisa, a tipologia florestal MED produziu quantidade de folhas de serapilheira bem superior às duas outras tipologias florestais (INI e AVA). Provavelmente, essa maior deposição de folhas de serapilheira foi devido ao fato de ser esta tipologia relativamente jovem (37 anos) e estar em franco processo de desenvolvimento com alta produção vegetativa e conseqüente produção de serapilheira. Em observação visual, notou-se que a tipologia florestal MED está num nível mais baixo em relação ao seu entorno, o que favoreceria o acúmulo de água e a conservação da umidade. A tipologia florestal AVA, devido ao estágio de desenvolvimento já alcançado (62 anos), estaria num processo sucessional mais lento. Não era esperada grande produção de folhas de serapilheira na tipologia florestal INI, já que esta é ocupada por árvores esparsas e pequenas com reduzida área foliar. A tipologia florestal INI vem sendo observada há alguns anos sendo poucas as mudanças fisionômicas ocorridas neste período, o que poderia sugerir um estágio de estabilização provisório, processo este que, conforme GOMEZ-POMPA e VAZQUEZ-YANES (1981), pode ocorrer ao longo do desenvolvimento da floresta.

As maiores quantidades de folhas de serapilheira foram depositadas por *Ilex theezans* nas tipologias florestais INI e MED e as menores por *Andira anthelminthica* na tipologia florestal INI. Do total de folhas de serapilheira depositada nas tipologias florestais INI e MED, respectivamente 92,0% e 83,2% eram de *Ilex theezans*, percentuais estes que acompanham o IVI desta espécie nas áreas (QUADRO 1). Na

tipologia florestal AVA já não há dominância tão pronunciada de uma espécie sobre as outras, sendo as quantidades e os percentuais de deposição mais bem distribuídos (TABELA 14). PINTO (2001) e ROCHA (2006), estudando as mesmas tipologias florestais da presente pesquisa, observaram a mesma tendência, ou seja, relação direta entre o IVI e as quantidades de fitomassa depositadas.

TABELA 14 - FITOMASSA DE FOLHAS DE SERAPILHEIRA DEPOSITADA (kg ha^{-1}) E PERCENTAGEM PARA CADA ESPÉCIE EM FUNÇÃO DO TOTAL DEPOSITADO (%), AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS DA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO

TIPOLOGIA	ESPÉCIE	PRIMAVERA 2004	VERÃO 2005	OUTONO 2005	INVERNO 2005	TOTAL	% do total
INICIAL	<i>Andira anthelminthica</i>	7,5	18,38	1,64	3,59	31,1	2,0
	<i>Ilex theezans</i>	844,7	222,18	93,42	252,81	1413,1	92,0
	<i>Ocotea pulchella</i>	14,2	62,98	3,66	11,23	92,1	6,0
MÉDIA	<i>Andira anthelminthica</i>	24,6	252,64	7,80	31,74	316,7	12,0
	<i>Ilex theezans</i>	849,5	482,74	309,34	553,58	2195,1	83,2
	<i>Ocotea pulchella</i>	13,6	90,18	10,38	11,00	125,2	4,8
AVANÇADA	<i>Andira anthelminthica</i>	37,9	79,44	2,12	9,94	129,3	13,6
	<i>Tapirira guianensis</i>	211,1	42,34	24,82	238,30	516,5	54,1
	<i>Ocotea pulchella</i>	46,0	198,02	19,02	45,30	308,3	32,3

O pico de deposição de folhas de serapilheira de *Andira anthelminthica* ocorreu no verão, principalmente nos meses de dezembro e janeiro nas três tipologias florestais, coincidindo com a queda total das folhas das árvores na tipologia florestal INI e com a queda parcial das folhas nas outras duas tipologias florestais (MED e AVA). Nas outras estações (primavera, outono e inverno), ocorreu pouca ou nenhuma deposição.

Este mesmo comportamento foi observado para *Ocotea pulchella*. A maior deposição ocorreu no verão, com diminuição acentuada nas outras três estações (primavera, outono e inverno). Para esta espécie também foi observada grande deposição de folhas nos meses de janeiro e fevereiro, (FIGURAS 22, 23 e 24 e ANEXO 3).

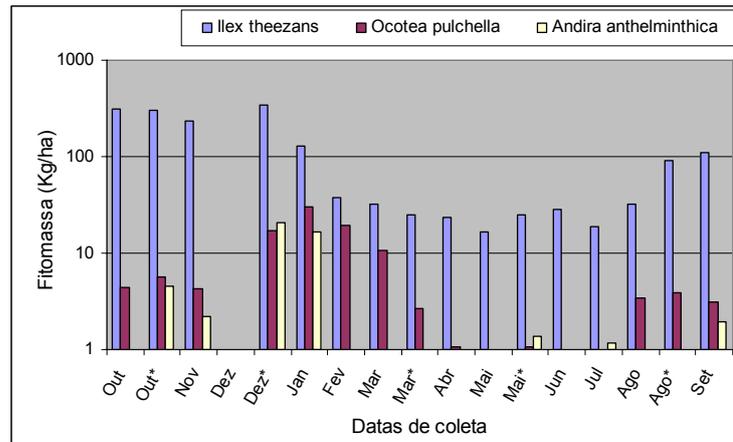
Ilex theezans apresentou picos de deposição na primavera/verão e no final do inverno, sendo que foi observado, a campo, a renovação foliar parcial desta espécie no mês de fevereiro. Embora tenha ocorrido maior deposição de folhas no período

acima citado, *Ilex theezans* apresentou queda de folhas de serapilheira durante todo o período observado, porém, em quantidades menores no outono e na primeira metade do inverno (FIGURAS 22 e 23 e ANEXO 3). Resta saber se esta seria uma estratégia de plantas arbóreas pioneiras como *Ilex theezans* visando favorecer a ciclagem de nutrientes ao longo de todo o ano.

Tapirira guianensis apresentou as maiores deposições no início da primavera e no final do inverno e as menores deposições do final da primavera ao início do inverno (FIGURA 24 e ANEXO 3).

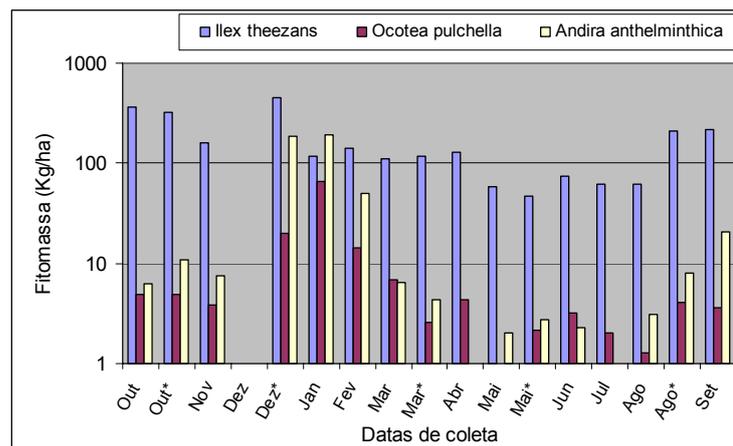
Trabalhos efetuados nestas mesmas tipologias florestais, por WISNIEWSKI *et al.* (1997), PINTO (2001) e ROCHA (2006), relacionam a queda das folhas ao fotoperíodo, à precipitação pluviométrica e à ação mecânica dos ventos normalmente mais expressivos no verão. Para JACKSON (1978), uma combinação entre as características sazonais de temperatura e umidade pode definir as estratégias de deposição de folhas nos diferentes ambientes. BRITZ *et al.* (1992), CUNHA *et al.* (1993) e SCHEER (2006) reportaram padrão sazonal de produção de serapilheira com a maior queda na primavera, coincidindo com aumentos de precipitação e temperatura. SCHUMACHER (2003), estudando um povoamento de *Acacia mearnsii*, encontrou correlação positiva entre temperatura média mensal e queda de serapilheira, concluindo, portanto, que o calor desencadeia a produção de serapilheira. Já TALORA e MORELLATO (2000), estudando padrões fenológicos de 46 espécies arbóreas, entre elas *Tapirira guianensis*, na planície litorânea do Estado de São Paulo, observaram que a queda de folhas não apresentou padrão sazonal. Para SANTOS *et al.* (1984), as variações climáticas anuais, que diferem das condições normais, podem não afetar determinado ecossistema, que, ao longo do tempo, evoluiu e desenvolveu estratégias capazes de mantê-lo independente das variações climáticas de um determinado ano.

FIGURA 22 - FITOMASSA DE FOLHAS DE SERAPILHEIRA NA TIPOLOGIA FLORESTAL INICIAL, EM FUNÇÃO DAS DATAS DE COLETA



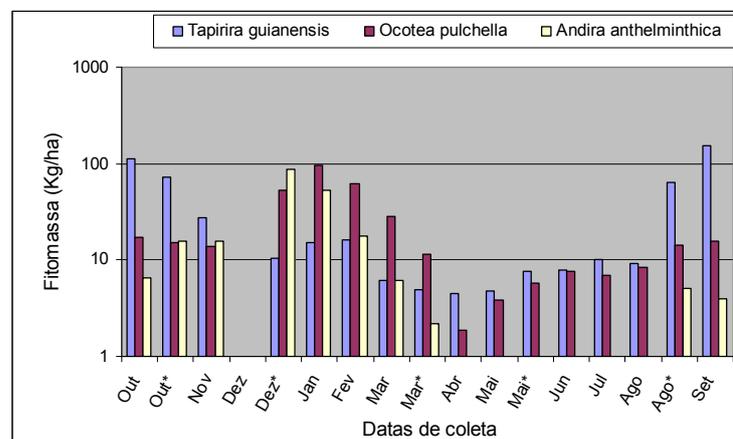
NOTA: * duas coletas em um mesmo mês.

FIGURA 23 - FITOMASSA DE FOLHAS DE SERAPILHEIRA NA TIPOLOGIA FLORESTAL MÉDIA, EM FUNÇÃO DAS DATAS DE COLETA



NOTA: * duas coletas em um mesmo mês.

FIGURA 24 - FITOMASSA DE FOLHAS DE SERAPILHEIRA NA TIPOLOGIA FLORESTAL AVANÇADA, EM FUNÇÃO DAS DATAS DE COLETA



NOTA: * duas coletas em um mesmo mês.

4.4 TEORES DE BIOELEMENTOS NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA E CORRELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO INTERNA

Os teores dos bioelementos nas folhas de serapilheira mostraram pouca sazonalidade ao longo do período avaliado, mesmo para o elemento K, que é bastante susceptível à lixiviação (TABELA 15). Observando-se os dados obtidos para cada espécie nas diferentes estações, pode-se notar alguns teores mais altos de N, K e Na no inverno. Para Ca e Mg, na maioria das observações, os menores teores ocorreram no outono e no inverno e os maiores teores ocorreram na primavera. Para P os maiores teores foram observados na primavera e os menores no verão, resultado este contrário ao observado para folhas verdes, que apresentaram os menores teores de P na primavera. Infelizmente, como se optou por analisar uma única amostra composta por estação, não foi possível realizar uma comparação múltipla de médias entre as estações. MORAES *et al.* (1996) não observaram sazonalidade para os macronutrientes em dois ecossistemas distintos da Floresta Atlântica: floresta de encosta e floresta de restinga. As variações sazonais nos teores de K foram identificadas por SILVA (1984), DOMINGOS (1990), CESAR (1993b), CUNHA *et al.* (1993), BRITZ *et al.* (1994) e PINTO (2001), que indicam a lixiviação deste elemento, pela precipitação, como o principal fator desta variação. Para os mesmos estudos, os demais macronutrientes (N, P, Ca e Mg) apresentaram pouca variação ao longo do ano. O padrão sazonal nas concentrações de macronutrientes foi observado por BRITZ *et al.* (1992) em floresta com araucária no Paraná, por CESAR (1993b) em floresta semidecídua em São Paulo e por KOENIG (2002) em floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul.

Os teores dos macronutrientes e do sódio nas folhas de serapilheira seguiram a seguinte ordem decrescente:

<i>A. anthelminthica</i> (INI, MED e AVA) e <i>O. pulchella</i> (AVA):	N>Ca>Mg>K>Na>P
<i>Ilex theezans</i> e <i>Ocotea pulchella</i> (INI):	Ca>N>Mg>Na>K>P
<i>Ilex theezans</i> e <i>Ocotea pulchella</i> (MED):	N>Ca>Mg>Na>K>P
<i>Tapirira guianensis</i> (AVA):	Ca>N>Mg>K>Na>P

TABELA 15 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES E SÓDIO NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA EM g/kg

ESPÉCIE FLORESTAL	TIPOLOGIA FLORESTAL	ESTAÇÃO	mm	N	P	K	Ca	Mg	Na
<i>Andira anthelminthica</i>	INICIAL	Primavera	627	15,21	0,69	0,90	8,76	2,72	0,70
		Verão	656	8,09	0,36	0,92	5,67	2,28	0,78
		Outono	324	n.d.***	0,50	1,12	4,64	1,78	0,57
		Inverno	388	n.d.***	0,63	1,88	5,56	1,67	0,27
		Média*	498	11,65 (bc)	0,55 (a)	1,21 (ab)	6,16 (cd)	2,11 (c)	0,58 (b)
	Correlação**		-1,00	-0,16	-0,62	0,65	0,87	0,74	
	MÉDIA	Primavera	714	19,95	0,69	1,40	4,94	1,74	0,60
		Verão	681	16,17	0,39	1,20	3,87	1,83	0,84
		Outono	336	17,70	0,49	1,54	2,91	1,54	0,76
		Inverno	431	21,64	0,68	2,00	3,28	1,58	0,54
		Média*	540	18,87 (a)	0,56 (a)	1,54 (a)	3,75 (d)	1,67 (c)	0,69 (b)
	Correlação**		-0,19	0,00	-0,65	0,90	0,94	0,10	
	AVANÇADA	Primavera	557	16,98	0,69	1,30	9,78	2,11	0,40
		Verão	599	15,52	0,32	1,06	6,36	2,10	0,39
		Outono	314	11,69	0,43	1,35	4,80	1,93	0,42
Inverno		304	21,20	0,59	2,00	4,34	1,79	0,56	
Média*		443	16,35 (ab)	0,51 (a)	1,43 (a)	6,32 (cd)	1,98 (c)	0,44 (b)	
Correlação**		-0,07	-0,13	-0,75	0,75	0,93	-0,71		
<i>Ilex theezans</i>	INICIAL	Primavera	617	5,40	0,62	0,90	10,62	6,22	2,30
		Verão	679	5,03	0,28	1,03	10,51	4,95	1,58
		Outono	319	7,87	0,34	1,24	8,94	4,01	3,60
		Inverno	171	7,87	0,30	1,19	10,47	5,10	3,96
		Média*	446	6,54 (c)	0,39 (a)	1,09 (ab)	10,14 (b)	5,07 (a)	2,86 (a)
	Correlação**		-0,97	0,39	-0,83	0,40	0,45	-0,98	
	MÉDIA	Primavera	638	9,67	0,52	1,10	7,22	3,76	2,50
		Verão	569	8,30	0,35	1,85	6,67	3,88	2,50
		Outono	343	11,15	0,36	1,442,04	5,37	3,59	3,62
		Inverno	456	10,71	0,38	1,88	4,60	3,19	1,65
Média*		501	9,96 (c)	0,40 (a)	1,72 (a)	5,97 (cd)	3,61 (b)	2,57 (a)	
Correlação**		-0,76	0,66	-0,82	0,81	0,52	-0,44		
<i>Ocotea pulchella</i>	INICIAL	Primavera	677	7,19	0,77	0,60	10,52	1,84	0,60
		Verão	666	3,72	0,28	0,75	8,16	1,64	0,66
		Outono	349	6,12	0,29	0,57	8,45	1,65	0,58
		Inverno	394	7,43	0,30	0,76	6,21	1,33	1,00
		Média*	521	6,12 (c)	0,41 (a)	0,67 (b)	8,34 (bc)	1,62 (c)	0,71 (b)
	Correlação**		-0,39	0,57	0,12	0,61	0,62	-0,38	
	MÉDIA	Primavera	697	11,92	0,63	0,80	4,45	1,19	0,80
		Verão	786	8,09	0,33	1,05	4,92	1,58	0,74
		Outono	360	9,40	0,38	1,06	2,90	1,67	1,17
		Inverno	394	10,49	0,41	0,99	2,47		1,47
Média*		559	9,98 (c)	0,44 (a)	0,98 (ab)	3,69 (d)	1,47 (c)	1,05 (b)	
Correlação**		-0,12	0,21	-0,34	0,98	-0,36	-0,90		
AVANÇADA	Primavera	555	11,48	0,80	1,20	10,57	2,02	0,50	
	Verão	610	7,65	0,31	0,78	9,00	1,72	0,45	
	Outono	349	8,30	0,41	1,27	7,58	1,66	0,67	
	Inverno	270	n.d.***	0,38	1,01	8,38	1,74	0,77	
	Média*	446	9,14 (c)	0,48 (a)	1,07 (ab)	8,88 (bc)	1,79 (c)	0,60 (b)	
Correlação**		0,16	0,29	-0,39	0,68	0,45	-1,00		
<i>Tapirira guianensis</i>	AVANÇADA	Primavera	696	8,72	0,81	1,10	18,86	2,93	0,50
		Verão	748	8,09	0,27	1,12	14,84	1,21	0,70
		Outono	354	8,96	0,28	1,02	16,30	1,34	0,57
		Inverno	282	7,87	0,28	1,78	17,87	1,52	0,56
		Média*	520	8,41 (c)	0,41 (a)	1,26 (ab)	16,97 (a)	1,75 (c)	0,58 (b)
Correlação**		0,05	0,48	-0,58	-0,20	0,37	0,33		

NOTA: * letras iguais nas colunas indicam que o teor do elemento analisado não difere estatisticamente a um nível de 5%; ** índice de correlação de Spearman para precipitação pluviométrica (mm) e teores dos elementos analisados; *** não determinado.

Obs: valores em coluna seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para os macronutrientes a seqüência de teor mais reportada para folhas de serapilheira em florestas tropicais é N>Ca>K>Mg>P (MEGURO *et al.*, 1980; CESAR, 1993a; CUSTÓDIO FILHO *et al.*, 1996; CALDEIRA *et al.*, 1999). Outras pesquisas observaram a seqüência Ca>N>K>Mg>P (KOENIG, 2002). Trabalhos realizados por BRITZ (1994), PINTO (2001), CUSTÓDIO FILHO *et al.* (1996) e SCHEER (2006), em Floresta Atlântica, mostraram a seguinte seqüência decrescente de teores de macronutrientes: N>Ca>K>Mg>P. Já MORAES *et al.* (1996) observaram a seqüência N>Ca>Mg>K>P em Floresta Atlântica de encosta e Ca>N>Mg>K>P em floresta de restinga. Os autores acreditam que esta maior concentração de Ca na restinga pode estar relacionada ao escleromorfismo desta vegetação. Resultado similar foi obtido por BOEGER (2000), que observou, na mesma área da atual pesquisa, altos teores de Ca em folhas maduras e alto índice de escleromorfismo na vegetação na tipologia florestal INI.

Assim como observado para folhas maduras, apesar da pouca diferença estatística entre tratamentos, os mais altos teores de N foram encontrados em *Andira anthelminthica* e os menores em *Ilex theezans*. Porém, como esperado para este elemento, os teores foram bem inferiores nas folhas de serapilheira, demonstrando a alta redistribuição deste elemento. Este mesmo comportamento foi observado para P e K. O elemento Ca teve comportamento contrário, com teores nas folhas de serapilheira bem próximos ou superiores aos encontradas nas folhas verdes, como foi observado para *Ilex theezans*, *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella* (TABELA 15).

Para uma mesma espécie, com algumas exceções, observa-se que as médias dos teores dos elementos, entre as tipologias florestais, não diferem estatisticamente ($p < 0,05$). As exceções observadas foram para *Andira anthelminthica* na tipologia florestal INI, onde o teor de N foi inferior ao observado na tipologia florestal MED. Para *Ilex theezans*, os teores de Ca e Mg na tipologia florestal INI foram superiores aos da tipologia florestal MED e para *Ocotea pulchella*, o teor de Ca na tipologia florestal MED foi inferior aos das duas outras tipologias florestais.

Comparando-se os teores médios para as diferentes espécies nas três tipologias florestais, observou-se para N três grupos estatisticamente distintos: o primeiro grupo, com os maiores teores, composto por *Andira anthelminthica* (MED e

AVA); o segundo grupo por *Andira anthelminthica* (INI e AVA) e o terceiro grupo por *Andira anthelminthica* (INI) e as demais espécies nas diferentes tipologias florestais (TABELA 15).

Para o elemento P não se observou diferenças estatísticas entre tipologias florestais e também entre as espécies estudadas.

Para K, diferenças estatísticas foram obtidas apenas entre *Ilex theezans*, na tipologia florestal MED (1,72 g/kg), e *Ocotea pulchella*, na tipologia florestal INI (0,67 g/kg). Para este último elemento, os dois grupos não diferiram das demais observações.

Ca foi o elemento que apresentou as maiores diferenças para os teores médios nas tipologias florestais estudadas. *Tapirira guianensis* (AVA) apresentou o mais alto teor médio (16,97 g/kg) e *Ocotea pulchella* (MED) o mais baixo teor médio (3,69 g/kg) para este elemento. Altos teores de Ca também foram observados em folhas verdes de *Tapirira guianensis*. Este nutriente apresentou quatro grupos estatisticamente distintos: o primeiro grupo formado por *Tapirira guianensis* (AVA); o segundo grupo por *Ilex theezans* (INI) e *Ocotea pulchella* (INI e AVA); o terceiro grupo composto por *Ilex theezans* (MED), *Ocotea pulchella* (INI e AVA) e *Andira anthelminthica* (INI e AVA); e finalmente, o último grupo formado pelas espécies *Andira anthelminthica* (nas três tipologias), *Ocotea pulchella* (MED) e *Ilex theezans* (MED).

Mg apresentou três grupos estatisticamente distintos: o primeiro formado por *Ilex theezans* (INI), apresentou o maior teor deste elemento; o segundo formado por *Ilex theezans* (MED); e o terceiro, formado pelas demais espécies nas diferentes tipologias florestais, ou seja, *Andira anthelminthica* (nas três tipologias florestais), *Ocotea pulchella* (nas três tipologias florestais) e *Tapirira guianensis* (AVA).

Na apresentou apenas dois grupos estatisticamente distintos, sendo os maiores teores observados para *Ilex theezans* (INI e MED), que formaram o primeiro grupo; *Ocotea pulchella* (nas três tipologias florestais), *Andira anthelminthica* (nas três tipologias florestais) e *Tapirira guianensis* (AVA) formaram o segundo e último grupo.

Foram observados altos teores de Ca, Mg e Na na tipologia florestal INI, sendo *Ilex theezans* a espécie que mais contribuiu para este resultado. Nesta tipologia florestal, observou-se ainda, os mais baixos teores de N e P, excetuando-

se *Tapirira guianensis* (AVA). Os mais baixos teores de N e P para folhas verdes, também foram observados na tipologia florestal INI.

Comparando os teores de N, P, K, Ca, Mg e Na obtidos, com os valores registrados por PINTO (2001), nas mesmas tipologias florestais, observou-se que os teores de N, P e K encontravam-se na mesma faixa nas duas pesquisas. Os resultados diferem nos teores de Ca e Mg, que foram menores que os teores obtidos por PINTO (2001) e nos teores de Na, que foram muito superiores àqueles registrados por esta autora, porém mais próximos dos teores observados por ROCHA (2006), nas mesmas tipologias florestais.

O elemento K apresentou, com apenas uma exceção, correlação negativa significativa em relação à precipitação pluviométrica, ou seja, quanto maior foi o volume precipitado menor foi o teor deste elemento nas folhas de serapilheira. Para N, há também a tendência de apresentar o mesmo comportamento que foi observado para K, porém, as correlações apresentaram-se menos estreitas (TABELA 15). Como as folhas de serapilheira permaneciam por 21 dias no coletor e ficavam, durante este período, sujeitas à lavagem pela precipitação, provavelmente, parte destes elementos foram lixiviados. CUNHA (1993) observou menores teores de K na serapilheira no período de maior precipitação e os maiores teores de K no período de menor precipitação. Segundo ARCOVA e CICCIO (1987), este comportamento do K é esperado, já que ele se encontra na forma iônica dentro das plantas, sendo, portanto, altamente susceptível ao processo de lixiviação.

As correlações de Ca com a precipitação pluviométrica foram positivas, excetuando-se *Tapirira guianensis* (AVA). Como este elemento é geralmente imóvel na planta, para o período máximo em que as folhas de serapilheira estiveram expostas à precipitação pluviométrica (21 dias) não ocorreu lixiviação deste elemento. A correlação positiva, por outro lado, pode estar associada à perda de carboidratos solúveis das folhas, que seria maior quanto maior a precipitação, que por conseqüência, contribuiria para o aumento do teor de Ca, que não seria lixiviado (TABELA 15).

4.5 REDISTRIBUIÇÃO DE BIOELEMENTOS DAS FOLHAS VERDES

Na TABELA 16 são mostrados os percentuais estimados da redistribuição dos bioelementos dos tecidos das folhas verdes para os tecidos mais jovens da planta. Valores negativos indicam o percentual de redistribuição do elemento e valores positivos indicam que não ocorreu a redistribuição do elemento.

As percentagens de N, P e K redistribuídas são bastante expressivas e confirmam a grande mobilidade destes nutrientes dentro da planta, fenômeno bastante enfatizado na literatura (MENGEL; KIRKBY, 1978; REIS; BARROS, 1990; LEITE, 1996). Já para Mg foi identificada redistribuição na espécie *Tapirira guianensis*, na tipologia florestal AVA. A não redistribuição do Mg pelas três outras espécies pode estar relacionada à suficiente disponibilidade deste elemento no solo para as espécies em questão. Cabe lembrar também que a metodologia usada permite obter apenas uma estimativa da redistribuição. Assim, para os elementos cuja redistribuição não é tão expressiva, esta metodologia pode não ser suficiente para identificar o processo.

A redistribuição de nutrientes de folhas senescentes e de outras partes da planta, antes da abscisão, permite que ela use sucessivamente a mesma unidade do elemento na formação de novas folhas e outras partes da planta (CLARK, 1977) e constitui uma fonte de nutrientes constante dentro da mesma (REIS; BARROS, 1990).

Para Ca, apenas a *Tapirira guianensis*, no verão de 2005, apresentou valor negativo (-7,80%). Resta saber se houve realmente redistribuição ou se isto resulta de um artifício do cálculo usado. Esta espécie apresenta altos teores deste elemento nas folhas verdes e nas folhas de serapilheira. Os resultados obtidos para Ca confirmaram os dados já observados por outros autores como ATTIWILL *et al.* (1978), CALDEIRA *et al.* (1999), PINTO (2001) e BALIEIRO (2004). Como Ca está associado à estrutura das paredes celulares, ele não é redistribuído para os tecidos mais jovens da planta (ATTIWILL *et al.* 1978), sendo a liberação, pela decomposição das folhas, a principal fonte do elemento para as plantas.

Para Na, apenas *Andira anthelminthica*, no verão de 2005, nas tipologias florestais MED e AVA, não apresentou redistribuição. *Ilex theezans* (INI e MED) e *Ocotea pulchella* (INI, MED e AVA) apresentaram os maiores percentuais de Na

redistribuídos. Nestas duas espécies, foram observados também os maiores teores do referido elemento em folhas verdes. A alta redistribuição do Na confirma KLINGE (1977) e MALAVOLTA (1979), que descrevem o Na como móvel dentro da planta, embora MALAVOLTA (1979) ressalte que a circulação dos elementos dentro do vegetal é muito variável, desde a sua absorção pelas raízes até a sua redistribuição, quando o elemento atinge as folhas.

TABELA 16 - ESTIMATIVA DO PERCENTUAL DE BIOELEMENTOS REDISTRIBUÍDOS DAS FOLHAS VERDES DAS QUATRO ESPÉCIES NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS AMOSTRADAS

TIPOLOGIA	ESPÉCIE	ESTAÇÃO	REDISTRIBUIÇÃO (%)					
			N	P	K	Ca	Mg	Na
INI	<i>Andira anthelminthica</i> *	Inverno/2004	-24,10	-31,16	-62,73	70,17	37,41	-24,28
	<i>Andira anthelminthica</i>	Verão/2005	-62,10	-62,10	-63,49	3,62	43,04	-3,70
	<i>Ilex theezans</i> *	Inverno/2004	-61,07	-15,70	-80,11	51,30	27,12	-61,92
	<i>Ilex theezans</i>	Verão/2005	-57,97	-56,85	-81,13	31,53	51,91	-72,93
	<i>Ocotea pulchella</i> *	Inverno/2004	-59,67	-15,90	-80,10	108,08	33,80	-44,50
	<i>Ocotea pulchella</i>	Verão/2005	-70,06	-52,18	-68,21	20,58	1,47	-58,22
	MÉDIA			-55,83	-38,98	-72,63	47,55	32,46
MED	<i>Andira anthelminthica</i> *	Inverno/2004	-27,28	-31,55	-57,20	237,21	37,59	-10,78
	<i>Andira anthelminthica</i>	Verão/2005	-26,92	-67,12	-65,56	18,17	31,90	103,83
	<i>Ilex theezans</i> *	Inverno/2004	-43,73	-27,52	-68,75	51,93	12,44	-59,64
	<i>Ilex theezans</i>	Verão/2005	-41,52	-55,54	-75,77	25,70	13,13	-68,17
	<i>Ocotea pulchella</i> *	Inverno/2004	-42,61	-23,54	-74,66	64,28	42,78	-51,09
	<i>Ocotea pulchella</i>	Verão/2005	-55,00	-63,71	-67,65	46,37	13,92	-56,92
	MÉDIA			-39,51	-44,83	-68,27	73,94	25,29
AVA	<i>Andira anthelminthica</i> *	Inverno/2004	-35,57	-35,15	-77,78	121,18	14,50	-60,02
	<i>Andira anthelminthica</i>	Verão/2005	-36,90	-68,44	-81,63	14,11	38,94	1,97
	<i>Tapirira guianensis</i> *	Inverno/2004	-43,94	-14,36	-82,16	17,67	-30,42	-36,57
	<i>Tapirira guianensis</i>	Verão/2005	-45,27	-71,33	-77,03	-7,80	-66,82	-20,58
	<i>Ocotea pulchella</i> *	Inverno/2004	-22,84	-6,78	-72,80	14,63	19,57	-78,52
	<i>Ocotea pulchella</i>	Verão/2005	-55,36	-66,80	-86,03	46,42	31,19	-66,94
	MÉDIA			-39,98	-43,81	-79,57	34,37	1,16
MÉDIA GERAL			-45,36	-42,48	-73,18	52,83	20,56	-36,82

NOTA: * Dados fornecidos por ROCHA (2006).

A seqüência de redistribuição observada neste estudo foi K>N>P>Na>Mg>Ca. CALDEIRA *et al.* (1999) descrevem para *Acacia mearnsii* a seguinte ordem de redistribuição: P>K>Mg>N>Ca e BALIERO (2004), em *Acacia mangium*, reporta a ordem P>K>N>Mg. PINTO (2001), em folhas de espécies arbóreas da Floresta Atlântica, encontrou a seqüência N>K>P>Na>Mg>Ca. Observa-se que, mesmo

havendo alteração dos elementos na ordem de redistribuição, os elementos que sofreram maior redistribuição dentro das plantas foram N, P, K, Mg e Na.

Entre as três tipologias florestais estudadas, a tipologia florestal INI foi a que apresentou as maiores percentagens médias de N redistribuído (55,83%); as tipologias florestais MED e AVA apresentaram percentuais menores e bem próximos entre si, respectivamente 39,98% e 39,51% (TABELA 16). MARQUES (1996), ao estudar cronosequência florestal de *Pseudotsuga menziesii*, em ambiente de clima temperado, observou comportamento oposto, ou seja, árvores com idade mais avançada seriam mais eficientes na ciclagem bioquímica de N. Provavelmente, a maior redistribuição de N na tipologia florestal INI seja uma estratégia para otimizar o uso deste elemento pelas plantas. Isto é bastante compreensível neste ambiente, onde a disponibilidade de N no solo é muito baixa - devido à falta de um reservatório deste elemento na forma de matéria orgânica, sobretudo na tipologia florestal INI. Para P ocorreu maior percentual médio redistribuído para a tipologia florestal MED (44,83%) e AVA (43,81%) e redistribuição pouco inferior para INI (38,98%). As percentagens de K redistribuídas foram muito altas para as três tipologias florestais, respectivamente 72,63; 68,27 e 79,27% para INI, MED e AVA. CALDEIRA *et al.* (1999) observaram percentuais de 32% de N; 56% de P; 54% de K; 25% de Ca e 32% de Mg para *Acacia mearnsii*.

Nota-se que, para P, houve acentuado aumento no percentual redistribuído no verão em relação ao inverno para todas as espécies. Para K a redistribuição foi bastante intensa em ambas estações para todas as espécies. *Andira anthelminthica* (INI), *Ocotea pulchella* (INI, MED e AVA) apresentaram maiores percentuais de N redistribuído no verão. *Andira anthelminthica* (MED e AVA) e *Tapirira guianensis* (AVA) apresentaram pouca variação na redistribuição de N com a estação. Uma possível explicação para a tendência de maior redistribuição no verão, seria a maior atividade fisiológica da planta nesta época para a formação de tecidos novos e crescimento de raízes e ramos, por exemplo. Como observado, principalmente para *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella*, as maiores deposições de serapilheira de folhas aconteceram no verão, coincidindo com o aumento da redistribuição de P e de N para estas espécies. Adicionalmente, sobretudo no caso do P, haveria grande demanda deste elemento para formação de fitina nos frutos que crescem durante o verão. Para CALDEIRA *et al.* (1999), a ciclagem interna tende a ser intensa em

solos de baixa fertilidade como grande parte dos solos que suportam as florestas tropicais e como é o caso dos solos das tipologias em estudo.

4.6 QUANTIDADE DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E INTERCEPTAÇÃO NAS COPAS DAS ÁRVORES

Na TABELA 17 e nas FIGURAS 25 a 28 são ilustrados os valores das precipitações durante o período amostrado (de 8/10/2004 a 16/09/2005). A distribuição das precipitações segue um padrão similar tanto para precipitação externa quanto para precipitação interna. Os coeficientes de correlação (r_s) entre precipitação externa e precipitação interna foram bastante significativos. Para as diferentes espécies da tipologia florestal INI obteve-se r_s entre 0,95 e 0,96. Para a tipologia florestal MED o r_s ficou entre 0,88 e 0,98 e para a tipologia florestal AVA obteve-se r_s entre 0,82 e 0,89. Estes resultados demonstram que a metodologia adotada neste estudo, para a captação da precipitação interna foi adequada para representar a entrada da água de chuva através do dossel das espécies em estudo.

TABELA 17 - PRECIPITAÇÃO EXTERNA E PRECIPITAÇÃO INTERNA SOB AS ESPÉCIES ARBÓREAS, NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS DE OUTUBRO/2004 A SETEMBRO/2005 AO LONGO DAS ESTAÇÕES CLIMÁTICAS

ESTAÇÃO	DATA COLETA	PRECIPITAÇÃO EM mm									
		EXTERNA	INTERNA								
			<i>Andira anthelminthica</i>			<i>Ilex theezans</i>		<i>Ocotea pulchella</i>			<i>Tapirira guianensis</i>
			INI	MED	AVA	INI	MED	INI	MED	AVA	AVA
PRIMAVERA	07/10/04	36,93	23,51	36,93	15,52	15,45	25,52	24,85	19,48	17,46	18,80
	27/10/07	174,59	166,55	174,59	141,03	141,03	174,59	174,59	174,59	154,46	174,59
	18/11/04	96,99	92,68	96,99	65,82	96,99	96,99	96,99	96,99	63,80	96,99
	08/12/04	125,56	125,56	125,56	119,54	125,56	125,56	125,56	125,56	111,48	125,56
	28/12/04	280,39	218,26	280,39	214,91	238,41	214,91	255,20	280,39	208,19	280,39
	Total	714,46	626,56	714,46	556,82	617,44	637,56	677,19	697,01	555,40	696,34
Interceptação		12,30%	0,00%	22,06%	13,58%	10,76%	5,22%	2,44%	22,26%	2,54%	
Correlação (r_s)		0,98	1,00	0,98	0,98	0,97	0,99	1,00	0,98	1,00	
VERÃO	21/01/05	198,00	198,00	192,74	171,25	198,00	198,00	198,00	198,00	137,67	198,00
	11/02/05	127,70	108,80	119,54	96,04	115,51	99,39	115,51	127,70	83,95	127,70
	03/03/05	154,10	154,10	154,10	140,36	154,10	117,53	154,10	154,10	146,41	154,10
	26/03/05	305,80	194,76	214,91	191,40	211,55	154,46	198,12	305,80	241,77	268,63
	Total	785,60	655,66	681,29	599,05	679,16	569,39	665,73	785,60	609,80	748,43
	Interceptação		16,54%	13,28%	23,75%	13,55%	27,52%	15,26%	0,00%	22,38%	4,73%
Correlação (r_s)		0,77	0,92	0,89	0,88	0,53	0,80	1,00	0,95	0,99	
OUTONO	19/04/05	94,10	80,59	94,10	73,87	85,29	77,23	82,60	94,10	94,10	94,10
	05/05/05	73,60	73,60	73,60	67,49	73,60	73,60	73,60	73,60	73,60	73,60
	25/05/05	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00
	21/06/05	120,30	97,38	96,04	100,74	87,64	120,30	120,30	120,30	109,47	114,17
	Total	360,00	323,57	335,74	314,11	318,53	343,13	348,50	360,00	349,17	353,87
	Interceptação		10,12%	6,74%	12,75%	11,52%	4,69%	3,19%	0,00%	3,01%	1,70%
Correlação (r_s)		0,99	0,91	0,93	0,93	0,93	0,97	1,00	0,99	1,00	
INVERNO	11/07/05	69,40	43,65	50,37	52,38	40,29	55,07	69,40	53,73	57,08	50,37
	03/08/05	65,60	65,60	65,60	65,60	65,60	65,60	65,60	65,60	65,60	65,60
	24/08/05	83,60	83,60	63,13	83,60	65,60	83,60	67,49	83,60	83,60	83,60
	16/09/05	251,90	194,76	251,90	102,75	190,99	251,90	191,40	191,40	63,80	82,60
	Total	470,50	387,61	431,00	304,34	362,48	456,17	393,90	394,33	270,08	282,17
	Interceptação		17,62%	8,40%	35,32%	22,96%	3,05%	16,28%	16,19%	42,60%	40,03%
Correlação (r_s)		0,98	0,99	0,85	0,99	1,00	1,00	0,99	-0,15	0,57	
Total (Out/04 a Set/05)		2330,56	1993,40	2162,49	1774,31	1977,62	2006,25	2085,32	2236,94	1784,45	2080,81
Interceptação			14,47%	7,21%	23,87%	15,14%	13,92%	10,52%	4,02%	23,43%	10,72%
Correlação (r_s)			0,95	0,96	0,89	0,96	0,88	0,95	0,98	0,82	0,86

A precipitação externa média entre os intervalos de coleta (a cada 21 dias) no período de 08/10/2004 a 16/09/2005 foi de 137 mm. As menores precipitações foram observadas no período de 05/05/2005 a 24/08/2005, ou seja, da segunda metade do outono ao término do inverno e as maiores precipitações ocorreram de 09/12/2004 a 29/03/2005, período este correspondente ao verão.

Com relação à precipitação sob o dossel das espécies arbóreas analisadas, foram observadas as seguintes precipitações médias por coleta (a cada 21 dias): *Andira anthelminthica*, respectivamente 117 mm na tipologia florestal INI, 127mm na tipologia florestal MED e 104 mm na tipologia florestal AVA; *Ilex theezans*, respectivamente 105 mm na tipologia florestal INI e 118 mm na tipologia florestal MED; *Ocotea pulchella*, respectivamente 123 mm na tipologia florestal INI, 132 mm na tipologia florestal MED e 105 mm na tipologia florestal AVA e *Tapirira guianensis*, 122 mm na tipologia florestal AVA. O volume total de precipitação interna para este período variou de 1774,31 mm para *Andira anthelminthica* (AVA) a 2.236,94 mm para *Ocotea pulchella* (MED), ou seja, a maior interceptação total da água da chuva (23,87%) foi observada para *Andira anthelminthica* (AVA) e a menor interceptação (4,02%), foi observada para *Ocotea pulchella* na tipologia florestal MED. Isto se explica pelo dossel mais fechado da espécie *Andira anthelminthica* e mais aberto da espécie *Ocotea pulchella*.

Embora, neste estudo, tenha-se monitorado a interceptação pluviométrica com pluviômetros colocados internamente nas copas das árvores (espécies) estudadas e não a interceptação sob diversas árvores na floresta, os valores de interceptação encontrados estão dentro da faixa de variação dos trabalhos reportados na literatura para Floresta Atlântica. MEGURO *et al.* (1979) observaram interceptação média de 30 % para mata mesófila secundária no Estado de São Paulo. BRITZ (1994), em dois anos de pesquisa em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, no Estado do Paraná, encontrou para restinga baixa 22% de interceptação e para restinga alta 30% de interceptação. DOMINGOS *et al.* (1995) observaram para florestas afetadas pela poluição atmosférica, em Cubatão no Estado de São Paulo, interceptação entre 2,7% e 35,6%, respectivamente para floresta mais e menos afetada pela poluição.

FIGURA 25 - PRECIPITAÇÃO EXTERNA E INTERNA SOB ÁRVORES DE *Andira anthelminthica* NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS AO LONGO DO TEMPO (■=valores abaixo da média anual, ■=valores acima da média anual)

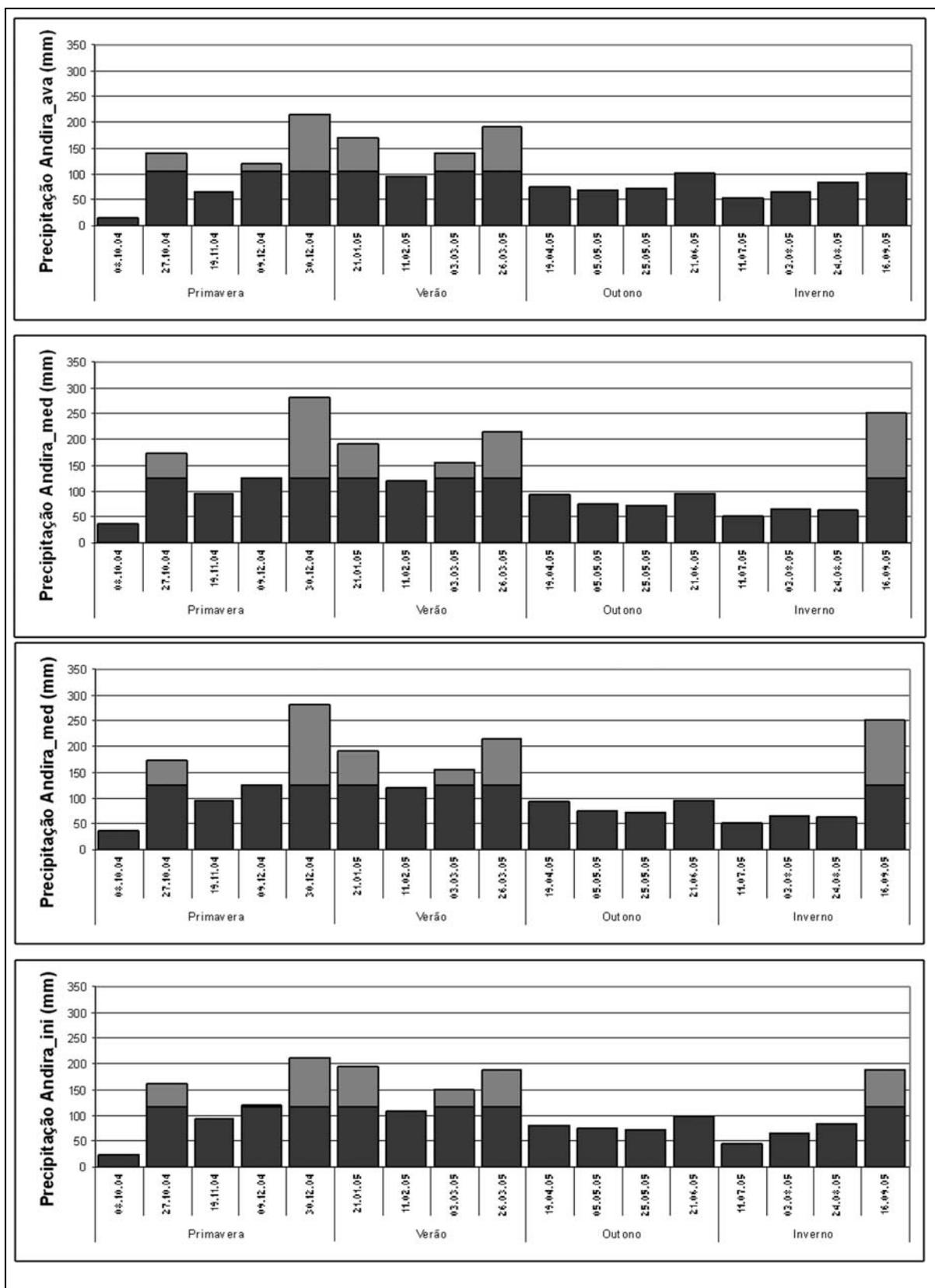


FIGURA 26 – PRECIPITAÇÃO EXTERNA E INTERNA SOB ÁRVORES DE *Ilex theezans* NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, AO LONGO DO TEMPO (■ = valores abaixo da média anual, ■ = valores acima da média anual)

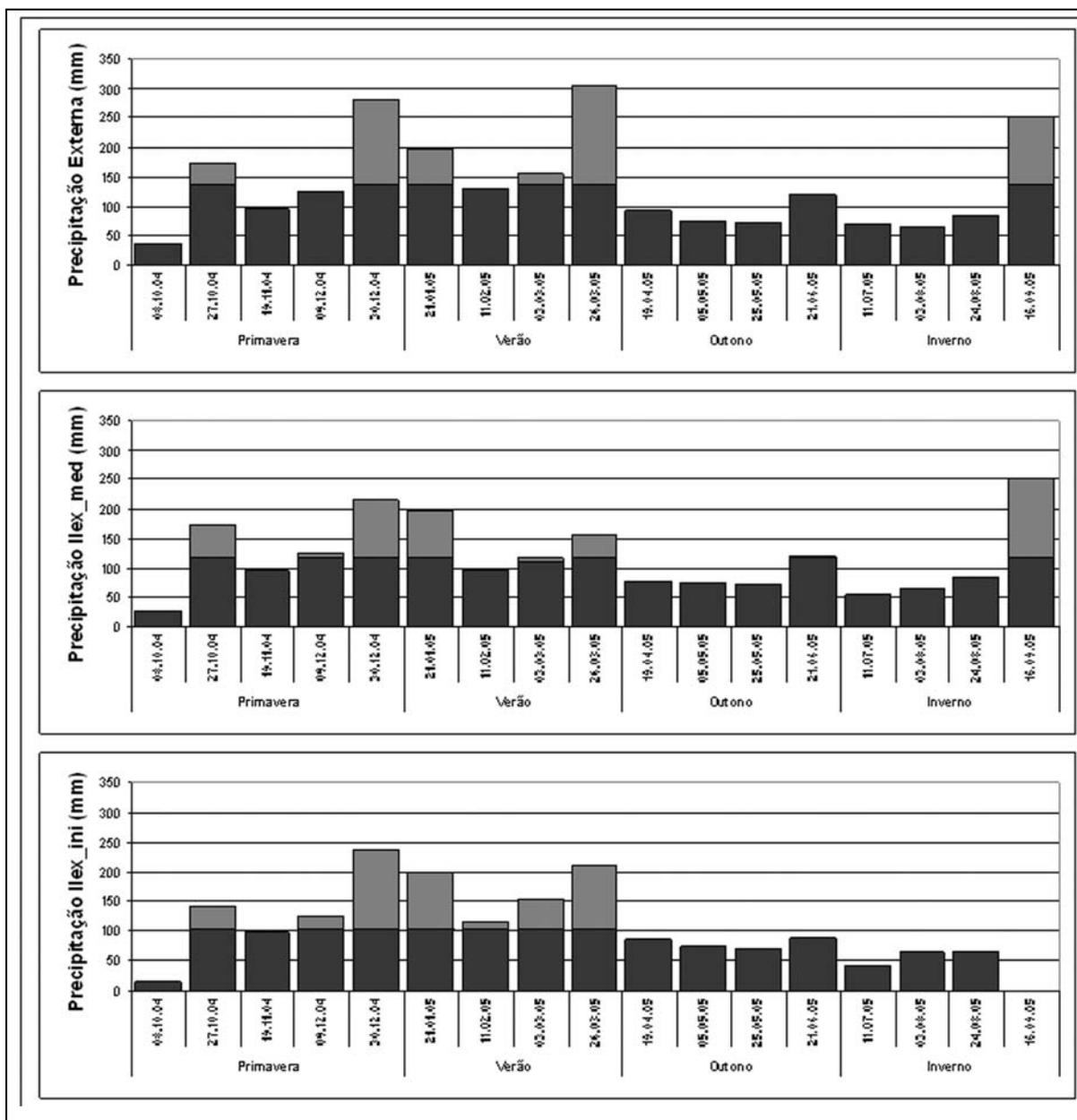


FIGURA 27 - PRECIPITAÇÃO EXTERNA E INTERNA SOB ÁRVORES DE *Ocotea pulchella* NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, AO LONGO DO TEMPO (■ = valores abaixo da média anual, ■ = valores acima da média anual)

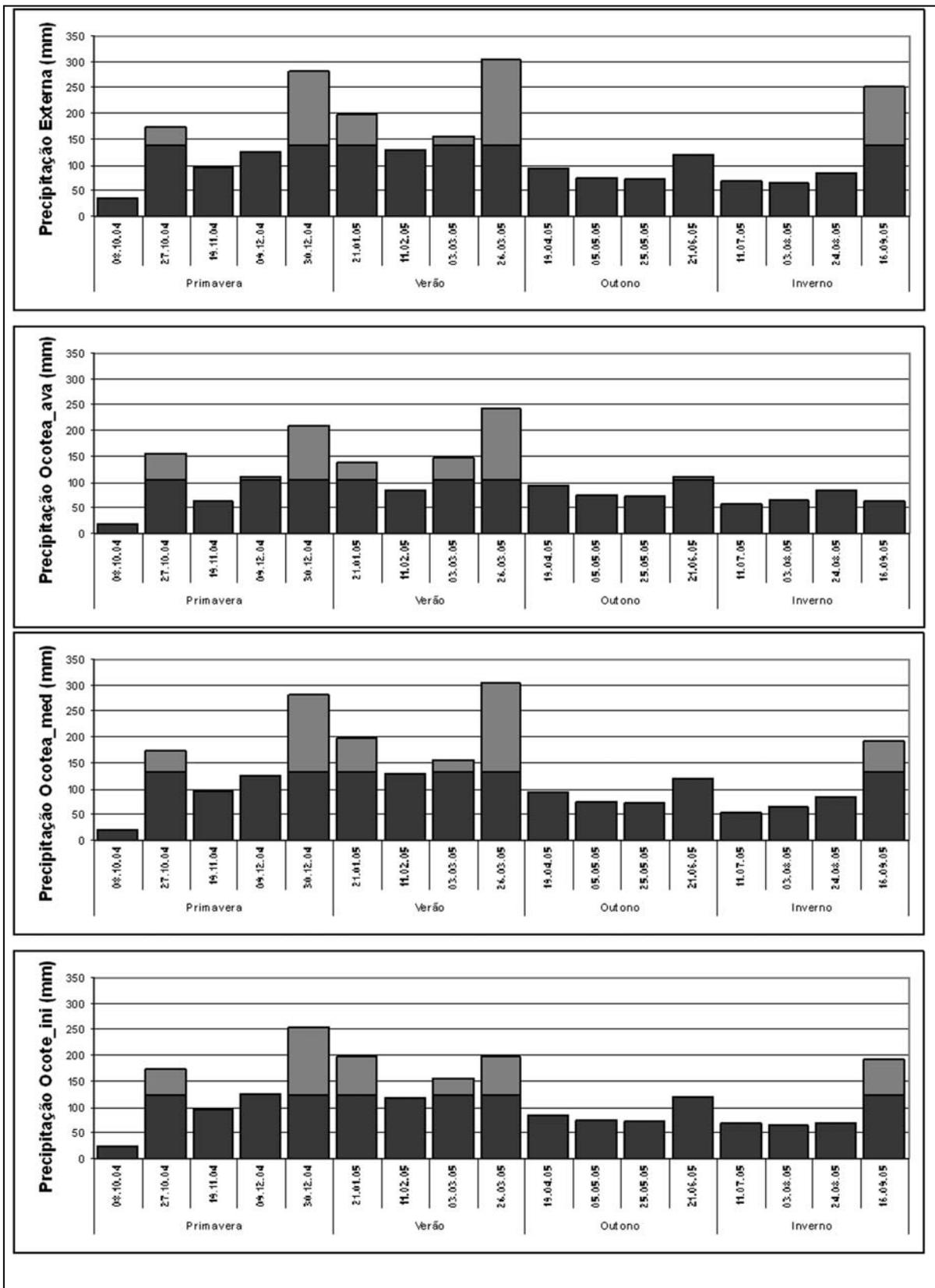
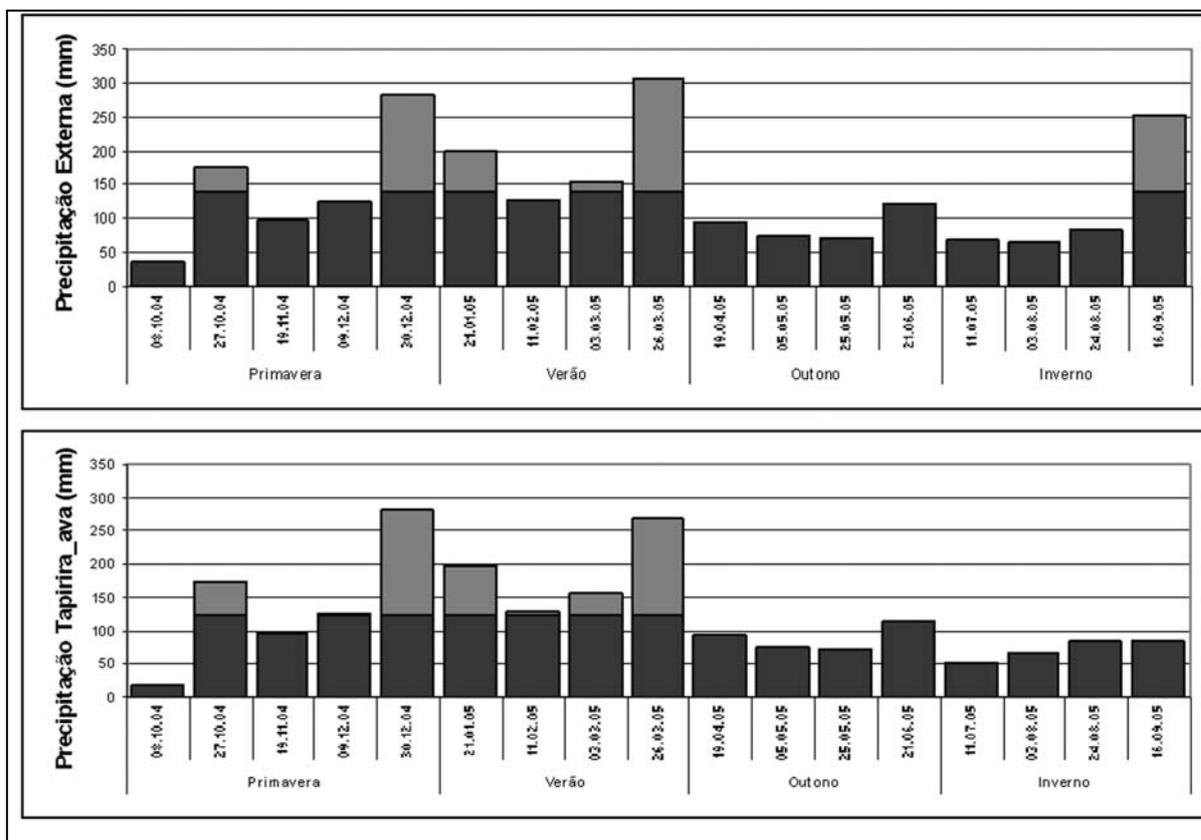


FIGURA 28 - PRECIPITAÇÃO EXTERNA E INTERNA SOB ÁRVORES DE *Tapirira guianensis* NAS TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS, AO LONGO DO TEMPO (■ = valores abaixo da média anual, ■ = valores acima da média anual)



ARCOVA *et al.* (2003), em Floresta Atlântica no Estado de São Paulo, observaram que cerca de 18,6% do total precipitado foi interceptado pela vegetação e SCHEER (2006) observou, para Floresta Atlântica secundária na planície litorânea do Estado do Paraná, 12,4 % de interceptação. Para LEOPOLDO e CONTE (1985) e LIMA (1993), a quantidade de água envolvida na precipitação interna, no escoamento pelo tronco e na interceptação são variáveis e dependem tanto da vegetação quanto das condições climáticas na região onde a floresta está inserida. Conforme BRUIJNZEEL (1990) *apud* ARCOVA *et al.* (2003), para as florestas tropicais, entre 4,5 e 24% da precipitação total é interceptada pelo dossel florestal. Nota-se que os valores de interceptação sofrem variação para as diferentes florestas pesquisadas. No caso específico desta pesquisa, as variações no percentual de interceptação entre e mesmo dentro da mesma espécie podem ser explicadas pela

heterogeneidade na estrutura dos indivíduos amostrados como variação de tamanho e forma de copa, localização da árvore dentro da tipologia florestal e mesmo pela disposição dos funis nas árvores, a diferentes alturas e angulações; ou ainda por outras variáveis locais que possam ter interferido nos resultados.

Para *Andira antheleinthica* e *Ocotea pulchella* foram observados os menores valores de interceptação na tipologia florestal MED, valores pouco superiores na tipologia florestal INI e os maiores valores para a tipologia florestal AVA. A maior interceptação na tipologia florestal AVA era esperada, pois as árvores, além de bem mais altas, apresentam diâmetro de copa e área foliar total maiores que nas outras duas tipologias florestais. Nesta mesma tipologia florestal, porém, *Tapirira guianensis* apresentou valor bem mais baixo de interceptação, provavelmente devido a sua estrutura da copa que permite uma maior passagem da água de precipitação quando comparada às outras duas espécies analisadas. A menor interceptação do dossel de *Andira antheleinthica* e *Ocotea pulchella* na tipologia florestal MED em relação à tipologia florestal INI foi devido, provavelmente, a uma maior queda de folhas destas espécies na tipologia MED ao longo do período amostrado, conforme observado neste trabalho, fazendo com que as copas ficassem mais abertas à precipitação. Para a espécie *Ilex theezans*, o valor de interceptação foi bastante próximo para as duas tipologias florestais INI (15,14%) e MED (13,92%). Visualmente observou-se que os indivíduos desta espécie nas duas tipologias florestais não diferiam muito quanto ao diâmetro de copa e distribuição dos galhos nas árvores, embora os indivíduos da tipologia florestal MED fossem maiores em altura (TABELA 17).

4.7 TEORES DE ELEMENTOS MINERAIS NA PRECIPITAÇÃO INTERNA

Na TABELA 18 são apresentadas as médias dos teores dos elementos por espécie nas três tipologias florestais e no ANEXO I encontram-se as TABELAS I a IV onde são apresentados os dados de precipitação interna e os teores dos elementos por coleta nas três tipologias florestais estudadas.

Os elementos analisados foram $\text{NO}_3\text{-N}$, P, K, Ca, Mg, Na e Al, sendo que P e Al não foram detectados nas soluções amostradas.

TABELA 18 - COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DOS TEORES (mg/L) DE ELEMENTOS MINERAIS NAS SOLUÇÕES DE PRECIPITAÇÃO INTERNA, ENTRE TIPOLOGIAS FLORESTAIS E ESPÉCIES

ESPÉCIE	TIPOLOGIA FLORESTAL	SÓDIO		POTÁSSIO		CÁLCIO		MAGNÉSIO		NITRATO	
		Valor	Letra	Valor	Letra	Valor	Letra	Valor	Letra	Valor	Letra
<i>Andira anthelminthica</i>	INICIAL	2,67	(ab)	0,36	(c)	0,25	(a)	0,22	(a)	0,07	(c)
	MÉDIA	2,50	(ab)	0,69	(bc)	0,32	(a)	0,29	(a)	0,21	(b)
	AVANÇADA	2,52	(ab)	0,96	(bc)	0,34	(a)	0,21	(a)	0,10	(c)
<i>Ilex theezans</i>	INICIAL	2,37	(ab)	0,50	(c)	0,27	(a)	0,20	(a)	0,07	(c)
	MÉDIA	1,07	(b)	1,07	(bc)	0,31	(a)	0,29	(a)	0,11	(bc)
<i>Ocotea pulchella</i>	INICIAL	2,39	(ab)	0,62	(bc)	0,38	(a)	0,22	(a)	0,07	(c)
	MÉDIA	2,81	(ab)	1,30	(b)	0,23	(a)	0,28	(a)	0,15	(bc)
	AVANÇADA	2,77	(ab)	1,34	(b)	0,47	(a)	0,26	(a)	0,10	(c)
<i>Tapirira guianensis</i>	AVANÇADA	4,19	(a)	2,10	(a)	0,50	(a)	0,27	(a)	0,51	(a)

NOTA: valores em coluna seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para uma mesma espécie, os valores dos teores dos elementos na água da precipitação interna, à exceção do sódio para *Andira anthelminthica* e *Ilex theezans*, tendem a ser maiores nas tipologias florestais AVA e MED, embora diferença estatística ($p < 0,05$) tenha sido detectada apenas para teor de $\text{NO}_3^- \text{N}$ em *Andira anthelminthica*, que apresentou na tipologia MED valor superior às tipologias INI e AVA. Considerando-se que a composição da chuva que chega ao dossel, quanto ao teor dos elementos analisados, não tenha variação entre as tipologias florestais haveria nas tipologias florestais MED e AVA maior lixiviação de elementos minerais das copas que enriqueceriam a precipitação interna (TABELA 18). Além deste fato, deve-se considerar que o índice de área foliar aumenta da tipologia INI para a AVA, o que também pode ter influenciado no aumento da retenção de partículas atmosféricas nas tipologias MED e AVA, partículas estas que posteriormente seriam lavadas pela precipitação incidente contribuindo para o enriquecimento da precipitação interna.

A água precipitada que passou pela copa de *Tapirira guianensis* apresentou maiores teores de Na, K, Ca e $\text{NO}_3^- \text{N}$ que a precipitação interna sob as demais espécies; porém, apresentou diferença estatística apenas para K e $\text{NO}_3^- \text{N}$. Os menores teores foram observadas para a tipologia florestal INI, principalmente para K, Mg e $\text{NO}_3^- \text{N}$. Em pesquisa anterior, DICKOW (1999) simulou uma chuva com água deionizada em folhas de serapilheira de diferentes espécies desta mesma área de estudo e observou que *Ilex theezans* foi a espécie que menos liberou nutrientes

por lixiviação, apesar de possuir a maior percentagem em massa de serapilheira e que K foi o elemento mais lixiviado das folhas na tipologia florestal AVA.

A tendência de haver maior lixiviação nas folhas das tipologias florestais nos estágios mais desenvolvidos pode estar relacionada às características morfológicas das folhas que, conforme BOEGER (2000), apresentam-se mais finas e com maior valor médio de área foliar. Segundo a mesma autora, nos estágios mais avançados é menor a incidência de espécies com camada sub-epidérmica, esclerênquima e textura coriácea que no estágio inicial. As folhas, por apresentarem maior valor médio de área foliar, tenderiam a acumular maiores quantidades de bioelementos. Adicionalmente, a textura mais fina e lisa favoreceria a liberação de elementos químicos das folhas seja por lixiviação ou pela lavagem dos elementos depositados superficialmente.

Para cada espécie, não foram detectadas diferenças ($p < 0,05$) entre as diversas estações climáticas, porém, há uma clara tendência de ocorrerem maiores teores dos elementos, à exceção do $\text{NO}_3\text{-N}$, na primavera, como pode ser observado na TABELA 19. Provavelmente, a ausência de diferença significativa entre as médias foi devido à alta variabilidade entre as amostras dentro da estação. JORDAN (1982), em Floresta Amazônica detectou padrão sazonal nas concentrações de Ca, K, Mg e $\text{PO}_4\text{-P}$ via precipitação, com as maiores entradas de junho a agosto. SOUZA (comunicação pessoal), na mesma área do presente estudo, também observou tendência de padrão sazonal nos teores de Ca, K, Mg, Na e $\text{NO}_3\text{-N}$ na precipitação externa, sendo que Ca apresentou os maiores teores no inverno; Mg, K e Na os maiores teores no inverno e na primavera e $\text{NO}_3\text{-N}$ os maiores teores no outono.

Os teores dos bioelementos, principalmente Na, K, Mg e Ca parecem ser dependentes do volume de chuva precipitada. Nos eventos de menor precipitação observa-se os maiores teores dos elementos acima citados, embora a correlação entre o volume precipitado e a concentração dos elementos tenha sido baixa, ($r_s < 0,5$), (ANEXO 1, TABELAS I a IV). SANTIAGO *et al.* (2005) observaram em floresta tropical no Panamá que os teores de P, K, Ca e Mg decresceram com o aumento da precipitação. Conforme ARCOVA *et al.* (1993), há um acúmulo de partículas em suspensão na atmosfera no período mais seco e com as chuvas estas partículas são carregadas em direção ao solo, enriquecendo a precipitação incidente, conforme foi observado no presente estudo. Outros autores, como MEGURO *et al.*

(1979) também observaram maiores teores de elementos minerais na precipitação em períodos de menor pluviosidade. Estes autores, destacam que a relação inversa entre volume precipitado e concentração de elementos minerais é significativa, principalmente para a precipitação interna e escoamento do tronco.

Segundo LIMA (1979), as quantidades de nutrientes que entram no ecossistema pelas chuvas apresentam variação local e temporal, sendo dependentes da proximidade de fontes emissoras e estação do ano. LIMA (1979) e PEHL e RAY (1984) encontraram maiores concentrações de nutrientes na água das primeiras chuvas da estação ou chuvas que ocorrem logo após longo período de estiagem.

A ordem decrescente de entrada dos elementos pela precipitação interna para as quatro espécies nas tipologias florestais avaliadas foi: $\text{Na} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{NO}_3\text{-N}$. PINTO (2001), simulou uma chuva sobre folhas verdes de algumas espécies desta mesma área de estudo e observou a seguinte ordem de liberação de elementos: $\text{K} > \text{Ca} > \text{Na} = \text{Mg} > \text{P}$. ARCOVA e CICCIO (1987), em Floresta Atlântica secundária no Estado de São Paulo, averiguaram a seguinte seqüência decrescente de concentração de elementos minerais do dossel florestal pela precipitação $\text{K} > \text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P}$.

SCHEER (2006) observou na precipitação interna, em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas da planície litorânea no Estado do Paraná, teores de K e Na superiores aos observados neste estudo; já o teor de Mg foi inferior e o teor de Ca na faixa reportada para este estudo. Como pode ser observado na TABELA 18, Na foi o elemento trazido em maiores quantidades com a precipitação. Conforme EATON *et al.* (1973), este elemento é caracteristicamente de origem atmosférica. Os altos teores de Na encontrados na água da precipitação interna neste estudo têm origem marinha, já que a Floresta Estadual do Palmito está há apenas 17 km do oceano.

4.7.1 Teores dos bioelementos na precipitação interna e externa e interação à nível de copa

Nas TABELAS 20, 21, 22, 23 e 24 são apresentados os teores dos elementos na precipitação externa e precipitação interna, e a estimativa da possível interação

dos elementos minerais com as copas das árvores. Valores positivos sugerem que ocorreu a absorção dos elementos via foliar e valores negativos indicam que ocorreu a lavagem/lixiviação dos elementos pelas folhas.

Contrariando a maioria das pesquisas que sinalizam como padrão o enriquecimento da precipitação ao passar pelo dossel florestal (GOLLEY *et al.*, 1978; MEGURO; VINUZA; DELITTI 1979; LIMA, 1986; ARCOVA; CICCIO, 1987; BRITZ, 1994; PRADO LOPES, 1994; McDOWELL, 1998; LUGO; LOWE, 1995; LIU *et al.*, 2002 e SCHEER, 2006), na presente pesquisa o enriquecimento da precipitação interna ao passar pelo dossel foi observado apenas para K e, em parte das observações, para NO₃-N; já os elementos Na, Mg e Ca parecem ter sido retidos e absorvidos pelas folhas na maior parte das observações. Visualmente, a água coletada para análise apresentava-se incolor, sem indício de desenvolvimento de microrganismos, desta forma, descarta-se no atual trabalho, um possível consumo dos elementos analisados por microrganismos. Além disso, como já mencionado, os funis coletores foram instalados fora da influência de plantas epífitas e de outras espécies vegetais, evitando assim interferências externas à espécie em estudo. Para SOLLINS *et al.* (1980), LOVETT e LINDBERG (1993) *apud* PRESCOTT (2002), os teores de nutrientes como N, P, K e Ca podem aumentar ou diminuir ao passar pelo dossel florestal. MARQUES (1996) observou absorção foliar do N oriunda da precipitação e McDOWELL (1998) observou absorção de NO₃-N pelo dossel de uma floresta tropical em Porto Rico.

GOLLEY (1996), após comparar diversos trabalhos que inferiam sobre a taxa de K na água precipitada que passava pelo dossel de florestas tropicais e florestas temperadas, observou que, embora a precipitação fosse bem maior nas florestas tropicais, o teor de K era pouco menor nestas florestas quando comparadas às florestas temperadas. A partir destes resultados, o autor considerou a possibilidade das folhas de espécies tropicais desenvolverem mecanismos para reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação. No caso da atual pesquisa parece ser este, também, o comportamento das espécies em questão, para a maioria das observações e elementos analisados.

Deve-se ainda mencionar que os maiores teores de bioelementos tanto na precipitação externa como na precipitação interna ocorreram nos períodos de menor precipitação pluviométrica, porém, como já discutido, à exceção do K, estes teores

foram bem maiores na precipitação externa. Além da possível retenção e absorção direta pelas folhas, pode ter ainda ocorrido que o volume precipitado não tenha sido suficiente para lavar estes elementos das folhas, mas tenha sido suficiente para lavá-los do pluviômetro, usado para coleta da precipitação externa, cujas paredes eram de aço inox totalmente lisas e não ofereciam resistência a esta lavagem. Novas pesquisas são necessárias para testar as hipóteses aqui levantadas.

TABELA 19 - COMPARAÇÃO MULTIPLA DAS MÉDIAS DOS TEORES DE ELEMENTOS MINERAIS EM mg/L NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA

ESPÉCIE	ESTAÇÃO		PRECIPITAÇÃO			Na			K			Ca			Mg			NO ₃		
			INI	MED	AVA	INI	MED	AVA	INI	MED	AVA	INI	MED	AVA	INI	MED	AVA	INI	MED	AVA
<i>Andira antheilmintica</i>	Primavera	μ	125(a)	142(a)	111(a)	4.02(a)	3.85(a)	3.89(a)	0.47(a)	1.26(a)	1.49(ab)	0.41(a)	0.63(a)	0.62(a)	0.54(a)	0.70(a)	0.50(a)	0.01(a)	0.17(ab)	0.13(bc)
	Verão	μ	164(a)	170(a)	150(a)	2.16(a)	2.07(a)	2.18(a)	0.38(a)	0.44(a)	0.65(b)	0.21(a)	0.20(a)	0.23(a)	0.10(a)	0.14(a)	0.10(a)	0.08(a)	0.17(ab)	0.04(c)
	Outono	μ	81(a)	84(a)	79(a)	1.86(a)	1.85(a)	1.61(a)	0.17(a)	0.32(a)	0.73(b)	0.16(a)	0.19(a)	0.14(a)	0.07(a)	0.15(a)	0.06(a)	0.07(a)	0.31(a)	0.08(c)
	Inverno	μ	97(a)	108(a)	76(a)	2.32(a)	1.91(a)	2.06(a)	0.40(a)	0.61(a)	0.84(b)	0.18(a)	0.17(a)	0.32(a)	0.07(a)	0.07(a)	0.13(a)	0.04(a)	0.19(ab)	0.16(bc)
<i>Ilex theezans</i>	Primavera	μ	123(a)	128(a)		3.73(a)	4.40(a)		0.81(a)	1.66(a)		0.50(a)	0.59(a)		0.47(a)	0.69(a)		0.11(a)	0.14(b)	
	Verão	μ	170(a)	142(a)		2.24(a)	2.89(a)		0.32(a)	0.82(a)		0.18(a)	0.23(a)		0.10(a)	0.15(a)		0.04(a)	0.10(b)	
	Outono	μ	80(a)	86(a)		1.57(a)	2.19(a)		0.34(a)	0.83(a)		0.17(a)	0.18(a)		0.09(a)	0.11(a)		0.05(a)	0.12(b)	
	Inverno	μ	57(a)	114(a)		1.59(a)	1.95(a)		0.44(a)	0.82(a)		0.17(a)	0.16(a)		0.07(a)	0.11(a)		0.05(a)	0.09(b)	
<i>Ocotea pulchella</i>	Primavera	μ	135(a)	139(a)	111(a)	3.92(a)	4.60(a)	4.37(a)	0.71(a)	1.73(a)	1.82(ab)	0.85(a)	0.39(a)	1.01(a)	0.56(a)	0.73(a)	0.59(a)	0.08(a)	0.18(ab)	0.13(bc)
	Verão	μ	166(a)	196(a)	152(a)	2.41(a)	2.39(a)	2.53(a)	0.51(a)	0.75(a)	1.03(b)	0.26(a)	0.15(a)	0.26(a)	0.12(a)	0.08(a)	0.10(a)	0.04(a)	0.11(b)	0.07(c)
	Outono	μ	87(a)	90(a)	87(a)	1.64(a)	2.13(a)	1.89(a)	0.76(a)	1,23	1.32(ab)	0.13(a)	0.17(a)	0.23(a)	0.06(a)	0.08(a)	0.12(a)	0.08(a)	0.17(ab)	0.10(bc)
	Inverno	μ	98(a)	99(a)	68(a)	1.21(a)	1.66(a)	1.88(a)	0.50(a)	1.38(a)	1.08(b)	0.16(a)	0.16(a)	0.25(a)	0.06(a)	0.09(a)	0.12(a)	0.06(a)	0.12(b)	0.09(bc)
<i>Tapirira guianensis</i>	Primavera	μ			139(a)			5.30(a)			3.01(a)			0.89(a)			0.55(a)			0.66(a)
	Verão	μ			187(a)			3.90(a)			1.81(ab)			0.32(a)			0.14(a)			0.64 (a)
	Outono	μ			88(a)			3.24(a)			1.35(ab)			0.33(a)			0.15(a)			0.37(ab)
	Inverno	μ			71(a)			4.06(a)			2.03(ab)			0.37(a)			0.16(a)			0.33(bc)

NOTA: valores em coluna seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); μ = média.

TABELA 20 - CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO (Na) NA PRECIPITAÇÃO EXTERNA E NA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM mg/L, SOB AS ESPÉCIES DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS E ESTIMATIVA DA INTERAÇÃO COM A COPA DAS ÁRVORES

COLETA	EXT	<i>Andira anthelminthica</i>						<i>Ilex theezans</i>				<i>Ocotea pulchella</i>						<i>Tapirira guianensis</i>	
		INI		MÉD		AVA		INI		MED		INI		MED		AVA		AVA	
		Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int
23/04/04	1,80	1,47	0,33					1,53	0,27			1,63	0,17						
18/05/04	1,00	1,43	-0,43					1,33	-0,33			1,13	-0,13						
04/06/04	3,10	1,97	1,13	3,00	0,10			2,63	0,47	1,20	1,90	2,33	0,77	3,07	0,03				
25/06/04	14,80	0,97	13,83	1,30	13,50			0,87	13,93	0,97	13,83	0,77	14,03	1,93	12,87				
14/07/04	7,30	1,23	6,07	1,23	6,07			0,90	6,40	0,53	6,77	0,87	6,43	2,33	4,97				
05/08/04	3,70	1,40	2,30	1,60	2,10	1,45	2,25	1,47	2,23	0,73	2,97	1,27	2,43	2,27	1,43	1,37	2,33	2,50	1,20
27/08/04	19,20	5,83	13,37	4,40	14,80	3,50	15,70	5,13	14,07	2,87	16,33	3,83	15,37	5,60	13,60	5,87	13,33	7,63	11,57
16/09/04	2,50	3,33	-0,83	3,13	-0,63	2,90	-0,40	2,80	-0,30	1,65	0,85	2,33	0,17	3,43	-0,93	2,63	-0,13	4,57	-2,07
08/10/04	19,60	7,70	11,90	7,03	12,57	8,10	11,50	6,43	13,17	2,65	16,95	8,23	11,37	10,27	9,33	9,00	10,60	9,43	10,17
27/10/04	1,50	1,77	-0,27	2,27	-0,77	1,60	-0,10	2,00	-0,50	1,03	0,47	1,50	0,00	2,03	-0,53	1,77	-0,27	4,65	-3,15
19/11/04	7,10	5,77	1,33	4,97	2,13	5,27	1,83	5,53	1,57	2,80	4,30	5,43	1,67	6,47	0,63	6,00	1,10	5,03	2,07
09/12/04	3,00	2,23	0,77	2,23	0,77	1,97	1,03	2,20	0,80	0,97	2,03	1,93	1,07	2,10	0,90	2,40	0,60	3,43	-0,43
30/12/04	4,80	2,63	2,17	2,73	2,07	2,53	2,27	2,50	2,30	0,83	3,97	2,50	2,30	2,13	2,67	2,67	2,13	3,93	0,87
TOTAL	61,40	30,67	30,73	28,37	33,03	27,32	34,08	28,07	33,33	13,53	47,87	27,03	34,37	34,30	27,10	31,70	29,70	41,18	20,22

NOTA: Ext = Concentração do bioelemento na precipitação pluviométrica externa.

Int = Concentração do bioelemento na precipitação pluviométrica interna.

Ext - Int = Diferença entre as concentrações dos bioelementos nas precipitações externa e interna

Total = Totalização calculada para o período de 05/08/04 a 30/12/04.

Ext = Souza (2006), dados não publicados

TABELA 21 - CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO (K) NA PRECIPITAÇÃO EXTERNA E NA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM mg/L, SOB AS ESPÉCIES DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS E ESTIMATIVA DA INTERAÇÃO COM A COPA DAS ÁRVORES

COLETA	EXT	<i>Andira anthelminthica</i>						<i>Ilex theezans</i>				<i>Ocotea pulchella</i>						<i>Tapirira guianensis</i>	
		INI		MÉD		AVA		INI		MED		INI		MED		AVA		AVA	
		Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int
23/04/04	0,01	0,23	-0,22					0,57	-0,56			0,30	-0,29						
18/05/04	0,02	0,07	-0,05					0,23	-0,21			0,13	-0,11						
04/06/04	0,03	0,30	-0,27	1,20	-1,17			0,53	-0,50	1,20	-1,17	0,80	-0,77	2,90	-2,87				
25/06/04	0,62	0,27	0,35	0,80	-0,18			0,43	0,19	0,97	-0,35	0,53	0,09	1,37	-0,75				
14/07/04	0,30	0,37	-0,07	0,60	-0,30			0,37	-0,07	0,53	-0,23	0,87	-0,57	1,40	-1,10				
05/08/04	0,14	0,23	-0,09	0,57	-0,43	0,60	-0,46	0,37	-0,23	0,73	-0,59	0,30	-0,16	0,93	-0,79	0,93	-0,79	1,27	-1,13
27/08/04	0,64	1,10	-0,46	2,00	-1,36	3,00	-2,36	1,27	-0,63	2,87	-2,23	1,40	-0,76	3,50	-2,86	4,17	-3,53	3,87	-3,23
16/09/04	0,02	0,37	-0,35	0,77	-0,75	1,53	-1,51	0,80	-0,78	1,65	-1,63	0,83	-0,81	1,40	-1,38	2,20	-2,18	1,93	-1,91
08/10/04	0,10	1,53	-1,43	3,57	-3,47	3,50	-3,40	1,73	-1,63	2,65	-2,55	1,30	-1,20	3,90	-3,80	4,30	-4,20	4,73	-4,63
27/10/04		0,17		1,03		0,70		0,53		1,03		0,43		0,93		1,03		2,05	
19/11/04	0,60	0,17	0,43	0,73	-0,13	1,67	-1,07	0,83	-0,23	2,80	-2,20	0,80	-0,20	2,00	-1,40	1,65	-1,05	4,10	-3,50
09/12/04	0,40	0,23	0,17	0,47	-0,07	0,80	-0,40	0,50	-0,10	0,97	-0,57	0,50	-0,10	0,80	-0,40	1,07	-0,67	2,07	-1,67
30/12/04	0,40	0,27	0,13	0,50	-0,10	0,80	-0,40	0,47	-0,07	0,83	-0,43	0,50	-0,10	1,00	-0,60	1,03	-0,63	2,10	-1,70
TOTAL	2,30	3,90	-1,60	8,60	-6,30	11,90	-9,60	5,97	-3,67	12,50	-10,20	5,63	-3,33	13,53	-11,23	15,35	-13,05	20,07	-17,77

NOTA: Ext = Concentração do bioelemento na precipitação pluviométrica externa.

Int = Concentração do bioelemento na precipitação pluviométrica interna.

Ext - Int = Diferença entre as concentrações dos bioelementos nas precipitações externa e interna

Total = Totalização calculada para o período de 05/08/04 a 30/12/04.

Ext= Souza (2006), dados não publicados

TABELA 22 - CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO (Ca) NA PRECIPITAÇÃO EXTERNA E NA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM mg/L, SOB AS ESPÉCIES DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS E ESTIMATIVA DA INTERAÇÃO COM A COPA DAS ÁRVORES

COLETA	EXT	<i>Andira anthelminthica</i>						<i>Ilex theezans</i>				<i>Ocotea pulchella</i>						<i>Tapirira guianensis</i>	
		INI		MÉD		AVA		INI		MED		INI		MED		AVA		AVA	
		Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int
23/04/04	0,93	0,13	0,80					0,16	0,77			0,20	0,73						
18/05/04	0,30	0,11	0,19					0,13	0,17			0,13	0,17						
04/06/04	0,56	0,28	0,28	0,59	-0,03			0,46	0,10	0,54	0,02	0,37	0,19	0,57	-0,01				
25/06/04	1,49	0,18	1,30	0,28	1,20			0,21	1,28	0,24	1,25	0,21	1,28	0,21	1,28				
14/07/04	1,56	0,29	1,27	0,36	1,19			0,41	1,14	0,36	1,19	0,39	1,17	0,34	1,22				
05/08/04	2,24	0,18	2,06	0,24	2,00	0,25	1,99	0,23	2,01	0,38	1,86	0,25	1,99	0,14	2,10	0,28	1,96	0,41	1,83
27/08/04	11,97	0,86	11,10	0,90	11,07	0,73	11,23	0,95	11,02	1,09	10,88	0,99	10,98	1,09	10,87	2,13	9,83	1,96	10,00
16/09/04	1,82	0,37	1,45	0,47	1,35	0,58	1,24	0,56	1,26	0,52	1,30	0,56	1,26	0,31	1,50	0,63	1,19	0,77	1,05
08/10/04	4,66	1,09	3,57	1,32	3,34	1,82	2,84	1,29	3,37	1,34	3,32	2,38	2,28	0,82	3,84	3,11	1,55	2,88	1,78
27/10/04	1,04	0,07	0,97	0,50	0,54	0,22	0,83	0,15	0,89	0,19	0,85	0,15	0,89	0,17	0,87	0,21	0,83	0,33	0,71
19/11/04	1,11	0,43	0,68	0,61	0,49	0,49	0,62	0,55	0,56	0,47	0,64	0,79	0,32	0,54	0,57	0,88	0,23	0,42	0,69
09/12/04	0,70	0,27	0,43	0,33	0,37	0,28	0,41	0,25	0,44	0,33	0,37	0,55	0,14	0,24	0,46	0,45	0,24	0,35	0,34
30/12/04	0,64	0,19	0,45	0,39	0,25	0,31	0,34	0,25	0,40	0,64	0,01	0,36	0,28	0,19	0,45	0,41	0,24	0,45	0,20
TOTAL	24,17	3,47	20,71	4,76	19,41	4,69	19,49	4,23	19,94	4,95	19,23	6,04	18,14	3,51	20,67	8,10	16,08	7,57	16,61

NOTA: Ext = Concentração do bioelemento na precipitação pluviométrica externa.

Int = Concentração do bioelemento na precipitação pluviométrica interna.

Ext - Int = Diferença entre as concentrações dos bioelementos nas precipitações externa e interna

Total = Totalização calculada para o período de 05/08/04 a 30/12/04.

Ext= Souza (2006), dados não publicados

TABELA 23 - CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO (Mg) NA PRECIPITAÇÃO EXTERNA E NA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM mg/L, SOB AS ESPÉCIES DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS E ESTIMATIVA DA INTERAÇÃO COM A COPA DAS ÁRVORES

COLETA	EXT	<i>Andira anthelminthica</i>						<i>Ilex theezans</i>				<i>Ocotea pulchella</i>						<i>Tapirira guianensis</i>	
		INI		MÉD		AVA		INI		MED		INI		MED		AVA		AVA	
		Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int
23/04/04	0,09	0,03	0,06					0,07	0,03			0,08	0,01						
18/05/04	0,05	0,03	0,02					0,07	-0,01			0,04	0,01						
04/06/04	0,26	0,17	0,09	0,46	-0,19			0,29	-0,03	0,34	-0,08	0,21	0,06	0,40	-0,14				
25/06/04	0,18	0,07	0,11	0,14	0,05			0,08	0,10	0,11	0,07	0,07	0,11	0,04	0,14				
14/07/04	0,76	0,09	0,67	0,14	0,62			0,14	0,62	0,19	0,58	0,14	0,62	0,15	0,61				
05/08/04	0,74	0,09	0,66	0,15	0,59	0,10	0,64	0,14	0,61	0,17	0,57	0,13	0,61	0,06	0,69	0,09	0,65	0,16	0,58
27/08/04	3,96	0,58	3,37	0,74	3,21	0,38	3,58	0,66	3,30	0,88	3,08	0,58	3,38	0,95	3,00	1,11	2,85	1,55	2,41
16/09/04	0,49	0,24	0,25	0,38	0,12	0,30	0,19	0,31	0,19	0,34	0,15	0,26	0,23	0,23	0,27	0,29	0,21	0,35	0,14
08/10/04	10,92	1,97	8,95	2,15	8,76	1,68	9,23	1,43	9,48	2,44	8,48	1,84	9,07	2,91	8,00	1,89	9,03	2,00	8,92
27/10/04	0,26	0,05	0,21	0,25	0,01	0,10	0,16	0,11	0,14	0,13	0,13	0,12	0,14	0,08	0,18	0,12	0,14	0,10	0,15
19/11/04	0,45	0,40	0,05	0,58	-0,13	0,41	0,04	0,49	-0,04	0,44	0,01	0,48	-0,03	0,51	-0,06	0,52	-0,07	0,27	0,18
09/12/04	0,24	0,05	0,19	0,16	0,08	0,09	0,15	0,08	0,16	0,13	0,11	0,09	0,14	0,10	0,05	0,18	0,20	0,04	0,12
30/12/04	0,30	0,22	0,09	0,36	-0,06	0,21	0,09	0,22	0,08	0,31	0,00	0,23	0,08	0,11	0,19	0,24	0,06	0,24	0,07
TOTAL	17,35	3,59	13,77	4,77	12,58	3,27	14,08	3,43	13,92	4,83	12,52	3,77	13,58	4,90	12,45	4,46	12,90	4,79	12,56

NOTA: Ext = Concentração do bioelemento na precipitação pluviométrica externa.

Int = Concentração do bioelemento na precipitação pluviométrica interna.

Ext - Int = Diferença entre as concentrações dos bioelementos nas precipitações externa e interna

Total = Totalização calculada para o período de 05/08/04 a 30/12/04.

Ext= Souza (2006), dados não publicados

TABELA 24 - CONCENTRAÇÃO DE NITRATO (N-NO₃) NA PRECIPITAÇÃO EXTERNA E NA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM mg/L, SOB AS ESPÉCIES DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS E ESTIMATIVA DA INTERAÇÃO COM A COPA DAS ÁRVORES

COLETA	EXT	<i>Andira anthelminthica</i>						<i>Ilex theezans</i>				<i>Ocotea pulchella</i>						<i>Tapirira guianensis</i>	
		INI		MÉD		AVA		INI		MED		INI		MED		AVA		AVA	
		Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int	Int	Ext - Int
23/04/04	0,23	0,05	0,18					0,05	0,18			0,03	0,20						
18/05/04	0,12	0,03	0,10					0,03	0,10			0,04	0,08						
04/06/04	0,04	0,07	-0,04	0,64	-0,60			0,12	-0,08	0,13	-0,09	0,06	-0,02	0,37	-0,33				
25/06/04	2,11	0,09	2,02	0,52	1,59			0,09	2,02	0,14	1,98	0,07	2,04	0,26	1,85				
14/07/04		0,14		0,31				0,09		0,17		0,09		0,17					
05/08/04	0,24	0,12	0,12	0,18	0,06	0,13	0,11	0,03	0,21	0,11	0,14	0,25	-0,01	0,12	0,13	0,25	-0,01	0,20	0,04
27/08/04		0,25		0,31		0,07		0,14		0,35				0,28		0,43		0,86	
16/09/04	0,28	0,13	0,15	0,25	0,04	0,27	0,01	0,10	0,18	0,17	0,11	0,07	0,21	0,18	0,10	0,16	0,13	0,46	-0,17
08/10/04	0,91	0,25	0,67	0,17	0,74	0,28	0,63	0,13	0,78	0,22	0,69	0,14	0,78	0,24	0,68	0,25	0,67	0,65	0,26
27/10/04	0,20	0,08	0,11	0,21	-0,01	0,16	0,03	0,22	-0,02	0,18	0,02	0,16	0,04	0,26	-0,07	0,10	0,10	0,46	-0,26
19/11/04	0,15	0,08	0,07	0,17	-0,02	0,06	0,09	0,11	0,04	0,10	0,05	0,06	0,09	0,14	0,01	0,08	0,07	0,68	-0,53
09/12/04	0,01	0,05	-0,03	0,19	-0,17	0,10	-0,09	0,05	-0,03	0,12	-0,10	0,10	0,02	0,13	-0,12	0,13	-0,12	0,74	-0,73
30/12/04	0,00	0,03	-0,03	0,13	-0,13	0,05	-0,05	0,02	-0,02	0,10	-0,10	0,02	-0,02	0,11	-0,11	0,10	-0,10	0,78	-0,78
TOTAL	1,80	0,74	1,06	1,29	0,51	1,06	0,74	0,67	1,13	1,00	0,80	0,72	1,08	1,18	0,62	1,06	0,74	3,98	-2,18

NOTA: Ext = Concentração do bioelemento na precipitação pluviométrica externa.

Int = Concentração do bioelemento na precipitação pluviométrica interna.

Ext - Int = Diferença entre as concentrações dos bioelementos nas precipitações externa e interna

Total = Totalização calculada para o período de 05/08/04 a 30/12/04.

Ext= Souza (2006), dados não publicados

4.8 QUANTIDADE DE ELEMENTOS MINERAIS NA PRECIPITAÇÃO INTERNA

A quantidade de elementos minerais contidos na água de precipitação interna é função da concentração do elemento na água da chuva, da concentração do elemento lixiviado das folhas e da quantidade da precipitação externa.

As quantidades médias dos elementos em kg/ha/ano que chegaram ao piso florestal através da precipitação interna encontram-se no ANEXO 2, TABELAS I a IV. Nota-se que para *Ilex theezans* e *Andira anthelminthica* as maiores quantidades foram observadas para a tipologia florestal MED. *Ocotea pulchella* também apresentou maiores entradas de Na, K e NO₃-N via precipitação interna na tipologia florestal MED e para Ca a maior quantidade foi observada nas tipologias florestais INI e AVA.

Dentre todas as espécies, *Tapirira guianensis* (AVA) contribuiu com as maiores quantidades de K, Na, Ca e NO₃-N que chegaram ao piso florestal via precipitação interna. É interessante observar que esta espécie apresentou teor médio de K nas folhas verdes (4,16 g/kg), semelhante a *Andira anthelminthica* (4,42 g/kg) e *Ocotea pulchella* (4,08 g/kg) nesta mesma tipologia florestal, porém a quantidade que voltou via precipitação interna deste elemento foi bem superior para *Tapirira guianensis*. O teor médio de Na nas folhas verdes de *Tapirira guianensis* (0,74 g/kg) foi próxima à obtida para *Andira anthelminthica* (0,69 g/kg) e bem inferior a obtida para *Ocotea pulchella* (1,77 g/kg), porém a quantidade que entrou via precipitação interna foi muito superior para a primeira espécie. Para Ca ocorreu fenômeno inverso, o teor médio de Ca nas folhas verdes de *Tapirira guianensis* (16,63 kg/ha) foi muito superior aos averiguados para *Andira anthelminthica* (5,8 g/kg) e *Ocotea pulchella* (5,44 g/kg), porém a quantidade de Ca que entrou via precipitação interna para a primeira espécie (7,46 kg/ha) foi pouco superior à observada para *Andira anthelminthica* (4,37 kg/ha) e *Ocotea pulchella* (5,59 kg/ha).

Para a tipologia florestal INI, as quantidades totais depositadas de Na, K, Ca, Mg e NO₃-N em kg/ha/ano foram, respectivamente, 127,31; 25,16; 13,66; 7,63 e 3,57. Para a tipologia florestal MED as quantidades totais depositadas foram 148,59; 55,93; 15,28; 10,60; 9,35 kg/ha/ano e para a tipologia florestal AVA 155,08; 73,09; 17,42; 10,54; 14,48 kg/ha/ano, respectivamente, de Na, K, Ca, Mg e NO₃-N. Observa-se aumento nas quantidades de NO₃-N, K, Ca e Na na precipitação interna

da tipologia florestal INI para a tipologia florestal AVA. No caso das tipologias florestais mais desenvolvidas a presença de folhas mais lisas, mais finas, com maior área foliar e as características estruturais destas tipologias florestais, com copas mais desenvolvidas, com maior área foliar favoreceriam a deposição seca de bioelementos que seriam posteriormente lavados com a precipitação pluviométrica.

Comparando-se as quantidades de elementos químicos que entraram nas tipologias florestais, via precipitação interna, com dados obtidos em diversos estudos em outros ecossistemas observa-se que para a tipologia florestal INI os valores de K foram mais baixos que para a maioria dos valores reportados na literatura e mais próximos dos observados por LEITÃO Filho. *et al.* (1993) e SCHEER (2006). As quantidades de Ca e Mg estão próximas às reportadas por ARCOVA e CICCIO (1987). A quantidade de Na que entra via precipitação interna é muito superior à observada para a maioria das outras pesquisas e mais próxima das quantidades reportadas por SCHEER (2006) (TABELA 25).

As quantidades totais de Na, Ca e Mg observadas para as tipologias florestais MED e AVA foram bastante próximas, sendo as quantidades de Ca e Mg próximas às relatadas por SANTOS (1986) e as quantidades de Na bem superiores às obtidas na literatura. As quantidades de $\text{NO}_3^- \text{N}$ foram bem superiores as reportadas por McDOWELL (1998) e SCHRUMPF *et al.* (2006), porém inferiores às observadas por FASSBENDER e GRIMM (1981). Segundo SCHRUMPF *et al.* (2006), as precipitações ácidas apresentam maiores concentrações de NO_3^- e em regiões não poluídas é esperado teores mais elevados de NH_4^+ .

Como pode ser observado, quantidades significativas de macronutrientes e sódio entraram nas três tipologias florestais via precipitação interna confirmando a importância deste processo para este ecossistema. SANTIAGO *et al.* (2005) ressaltam que a entrada de nutrientes via precipitação pluviométrica tem considerável importância na reposição dos nutrientes no sistema.

TABELA 25 - QUANTIDADE DE ELEMENTOS MINERAIS (kg/ha/ano) NA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM ECOSISTEMAS FLORESTAIS

LOCAL	ECOSSISTEMA		NO ₃ -N	K	Ca	Mg	Na	REFERÊNCIA
Paraná	Floresta Atlântica	Capoeira mais desenvolvida	n.d.*	51,6	4,9	2,9	95,8	SCHEER, 2006
		Capoeira menos desenvolvida	n.d.*	28,6	4,2	2,1	91,8	
Paraná	Floresta Atlântica	Restinga baixa	n.d.*	44,8	12,1	14,2	n.d.*	BRITTEZ, 1994
		Restinga alta	n.d.*	49,9	11,4	14,6	n.d.*	
São Paulo	Floresta secundária		n.d.*	79,8	11,5	7,2	20,65	ARCOVA e CICCIO, 1989
São Paulo	Floresta mesófila secundária		n.d.*	126,0	n.d.*	n.d.*	n.d.*	MEGURO <i>et al.</i> 1979
São Paulo	Cerrado		n.d.*	67,8	6,8	7,1	0,0	LIMA, 1986
São Paulo	Floresta Atlântica		n.d.*	30,0	n.d.*	20,0	n.d.*	LEITÃO FILHO <i>et al.</i> 1993
São Paulo	Floresta Atlântica	Área menos afetada	n.d.*	34,8	35,3	7,2	n.d.*	DOMINGOS, 1987
		Área mais afetada	n.d.*	18,1	40,8	6,2	n.d.*	
Paraná	Floresta Tropical subcaducifolia		n.d.*	88,4	18,8	9,6	n.d.*	SANTOS, 1986
Barro Branco	Floresta Amazônica		n.d.*	22,1	n.d.*	n.d.*	11,1	SCHUBART <i>et al.</i> 1984
Venezuela			69,7	6,9	3,34	4,39	n.d.*	FASSBENDER e GRIMM, 1981
Tanzânia	Floresta Tropical		1,0	32,2	2,8	1,8	11,5	SCHRUMPF <i>et al.</i> , 2006
Porto Rico	Floresta Tropical		0,2	51,6	22,7	13,4	81,3	McDOWELLI, 1998
Paranaguá	Floresta Atlântica	Tipologia inicial	3,5	25,2	13,7	7,6	127,3	Este estudo
		Tipologia média	9,3	55,9	15,3	10,6	148,5	
		Tipologia avançada	14,5	73,1	17,4	8,2	155,08	

NOTA: n.d.*= não determinado.

4.9 DENDROGRAMAS DOS TEORES DOS BIOELEMENTOS PARA FOLHAS VERDES, FOLHAS DE SERAPILHEIRA E SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA

Nas FIGURAS 29 a 45 são apresentados os resultados da análise de agrupamentos com base nos teores de N, P, K, Ca, Mg e Na das folhas verdes, das folhas de serapilheira e da precipitação interna por espécie e tipologia florestal avaliada. Considerando-se os teores de N nas folhas verdes (FIGURA 29) observa-se que as espécies formam um grupo relativamente homogêneo, à exceção de *Andira anthelminthica*, que apresenta altos teores deste elemento, formando um grupo distinto das demais. O mesmo comportamento é observado para as folhas de serapilheira (FIGURA 30), com agrupamento ainda mais homogêneo quando comparado às folhas verdes. Novamente, *Andira anthelminthica*, à exceção das amostras da tipologia INI, forma um grupo isolado, devido aos altos teores de N. Já no dendrograma para precipitação interna, *Tapirira guianensis* destaca-se por formar um grupo isolado das demais espécies (FIGURA 31). O teor de $\text{NO}_3\text{-N}$ na precipitação interna nesta espécie mostrou-se mais elevado em relação às demais espécies.

FIGURA 29 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE N NAS FOLHAS VERDES

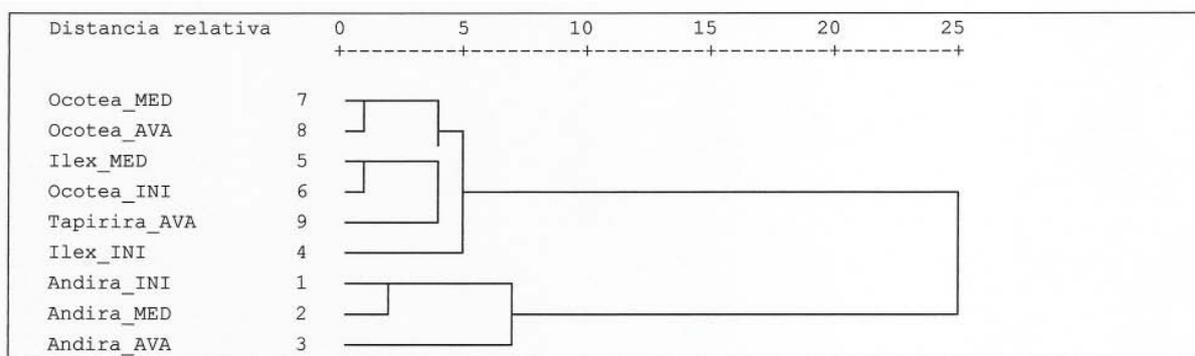


FIGURA 30 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE N NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA

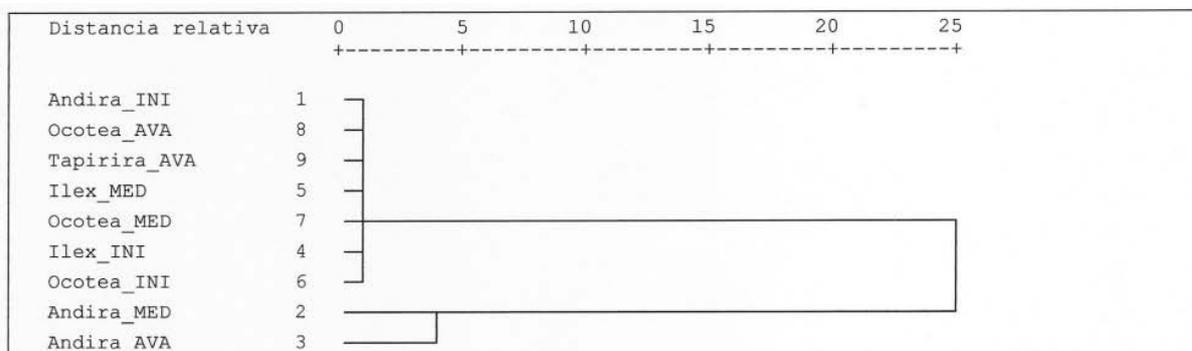
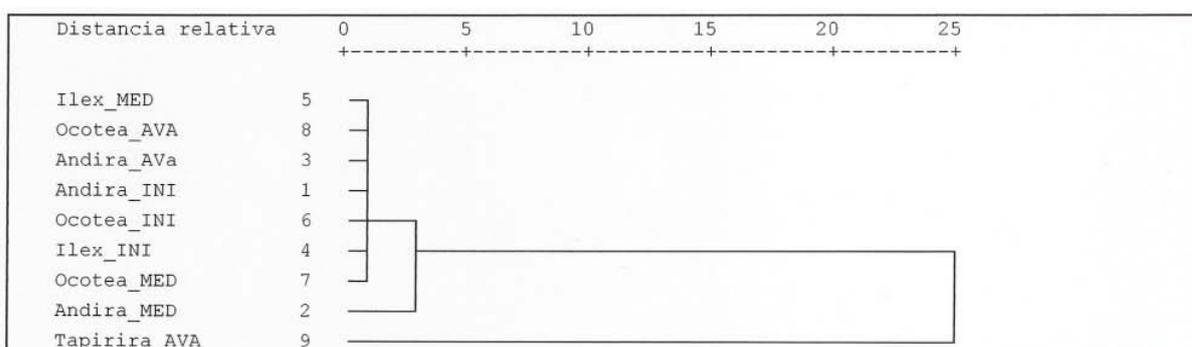


FIGURA 31 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE N NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA



No dendrograma para P, nas folhas verdes, observa-se três agrupamentos excludentes. O teor de P no tecido foliar de *Ocotea pulchella* MED e AVA é similar ao teor encontrado em *Tapirira guianensis* AVA. O teor observado em *Ocotea pulchella* INI é semelhante ao encontrado em *Ilex theezans* MED. *Andira anthelminthica* INI, MED e AVA forma um grupo isolado por apresentar teores mais elevados de P (FIGURA 32). Para as folhas de serapilheira (FIGURA 33), observa-se uma maior homogeneidade em relação ao que foi observado para folhas verdes, sendo que *Andira anthelminthica* novamente forma agrupamento distinto das demais espécies, com os mais altos teores de P.

FIGURA 32 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE P NAS FOLHAS VERDES

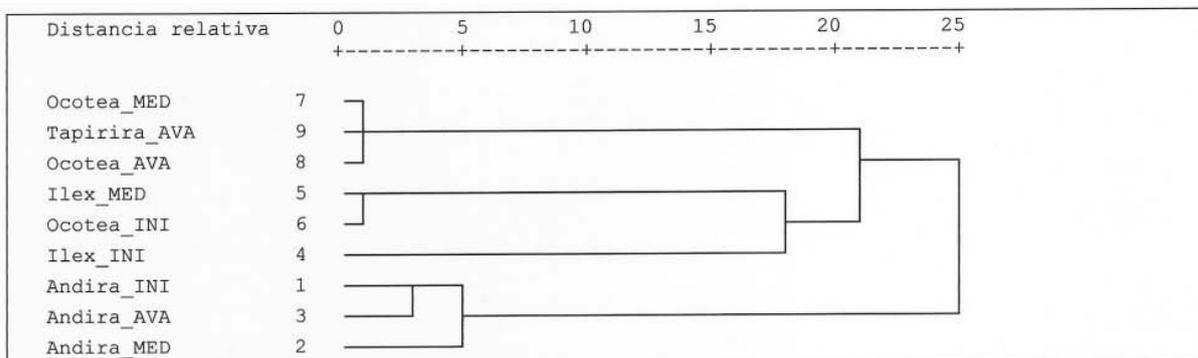
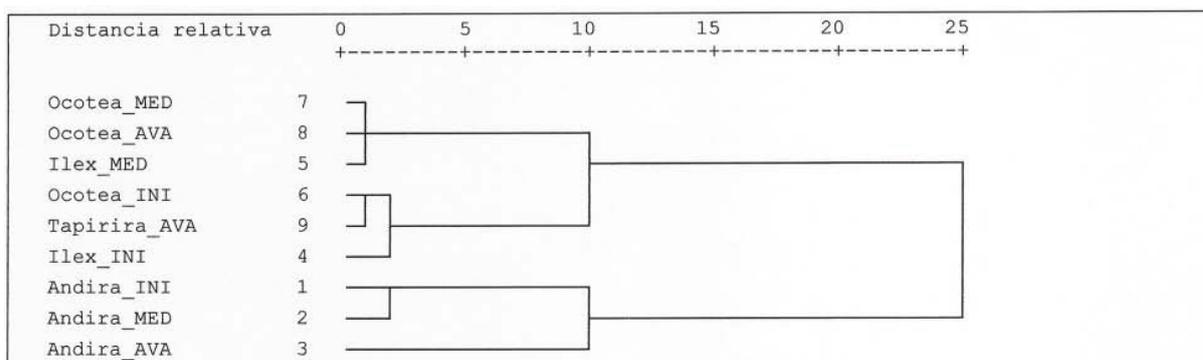


FIGURA 33 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE P NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA



Os dendrogramas dos teores médios de K, tanto para folhas verdes como para folhas de serapilheira apresentaram-se mais heterogêneos em relação à formação de grupos similares, quando comparados aos demais elementos (FIGURAS 34 e 35). *Andira anthelminthica* MED e AVA, *Ocotea pulchella* AVA e *Tapirira guianensis* AVA apresentam similaridades em relação a este nutriente formando um agrupamento. Um segundo grupo foi composto por *Andira anthelminthica* INI, *Ilex theezans* INI e *Ocotea pulchella* MED e um terceiro grupo formado por *Ocotea pulchella* INI e *Ilex theezans* MED. Já para precipitação interna, os teores de K apresentaram similaridades entre as diferentes espécies nas três tipologias florestais, à exceção da *Tapirira guianensis* que, devido aos elevados teores de K, quando comparados aos teores nas demais espécies, forma um grupo isolado (FIGURA 36).

FIGURA 34 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE K NAS FOLHAS VERDES

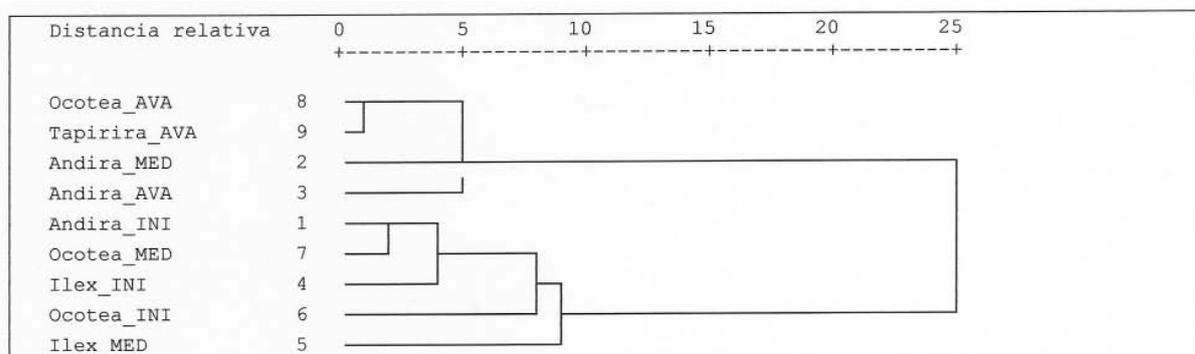


FIGURA 35 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE K NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA

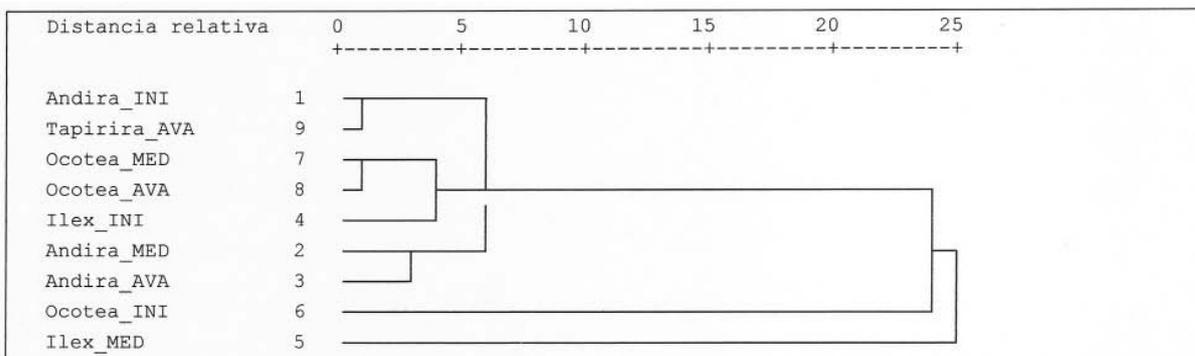
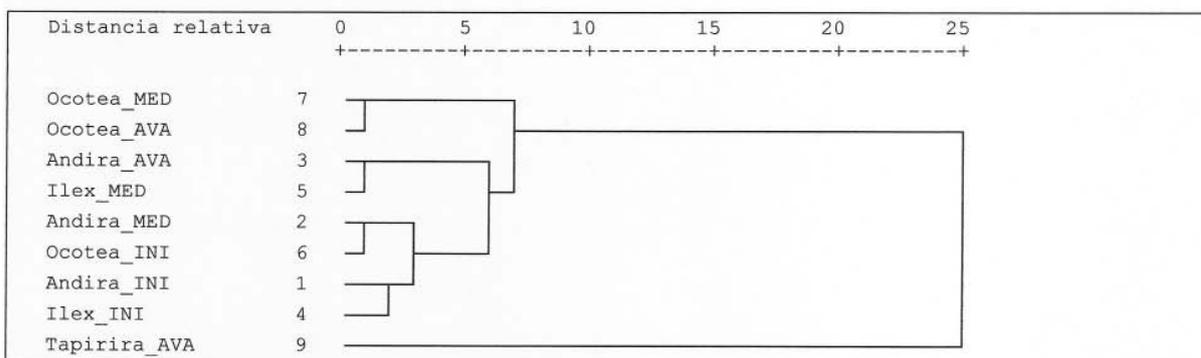


FIGURA 36 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE K NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA



A FIGURA 37 mostra que os teores de Ca nas folhas verdes são bastante similares para *Andira anthelminthica*, *Ilex theezans* e *Ocotea pulchella*, independentemente das tipologias florestais. *Tapirira guianensis* se diferencia significativamente das demais, formando um grupo isolado. Embora apresentando uma maior heterogeneidade, as folhas de serapilheira seguem o mesmo comportamento das folhas verdes (FIGURA 38); nos dois casos *Tapirira guianensis* destaca-se pelos elevados teores de Ca. Na precipitação interna *Ocotea pulchella* e *Tapirira guianensis* na tipologia AVA formam um agrupamento distinto dos demais, apresentando teores mais elevados de Ca na precipitação interna (FIGURA 39).

FIGURA 37 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Ca NAS FOLHAS VERDES

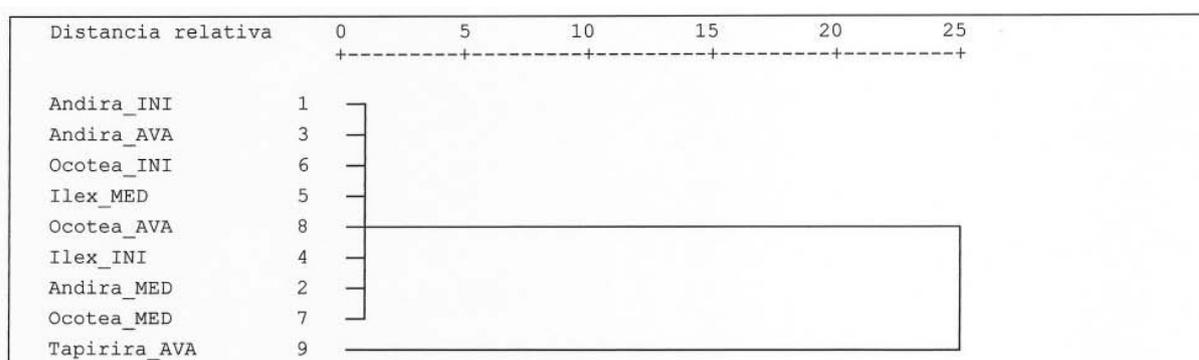


FIGURA 38 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Ca NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA

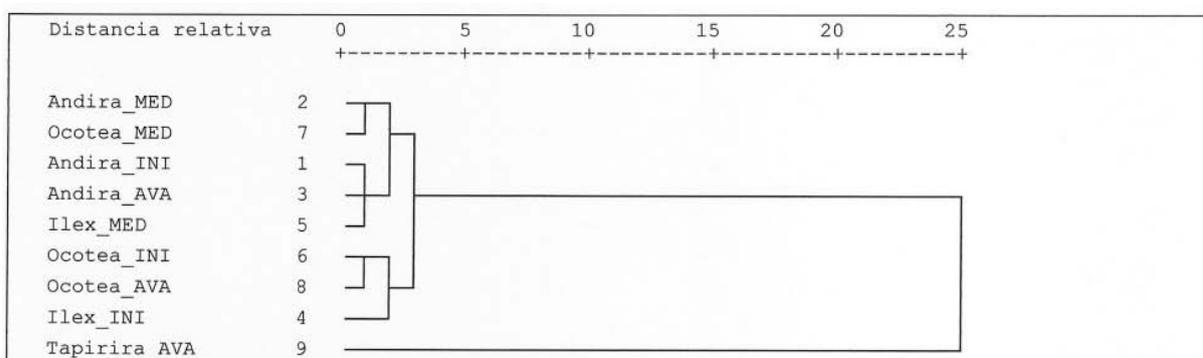
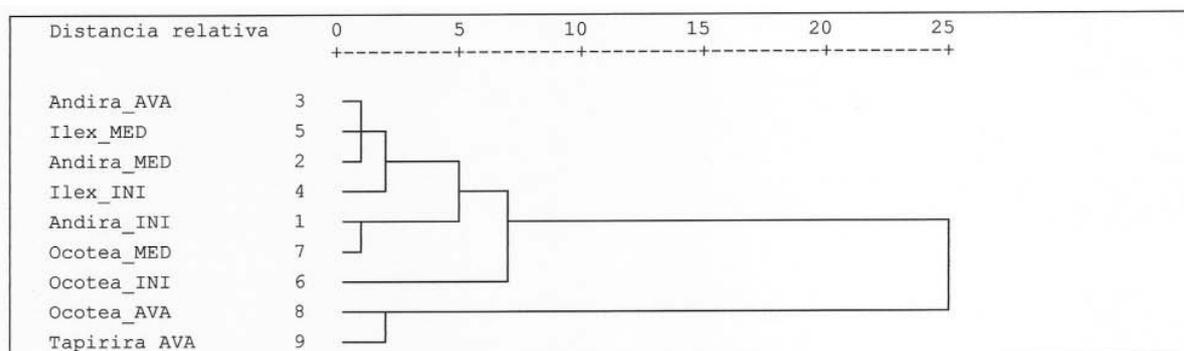


FIGURA 39 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Ca NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA



Com relação aos teores de Mg nas folhas verdes, é bastante clara a diferença entre o agrupamento formado por *Ilex theezans* INI e MED e *Tapirira guianensis* AVA e o agrupamento formado por *Ocotea pulchella* e *Andira anthelminthica* nas três tipologias. O primeiro agrupamento destaca-se pelos altos teores de Mg (FIGURA 40). Para folhas de serapilheira (FIGURA 41), *Ilex theezans* INI e MED forma agrupamento distinto das demais espécies, novamente por apresentar teores mais elevados de Mg. O teor de Mg na precipitação interna (FIGURA 42) apresentou maior heterogeneidade, quando comparado aos teores nas folhas verdes e nas folhas de serapilheira. Mesmo assim três agrupamentos são observados; o primeiro composto por *Andira anthelminthica* e *Ilex theezans* MED e *Ocotea pulchella* MED e AVA, com os maiores teores de Mg; o segundo por *Tapirira guianensis* AVA e o terceiro por *Andira anthelminthica* AVA e *Andira anthelminthica*, *Ilex theezans* e *Ocotea pulchella*, as três na tipologia INI, com os menores teores de Mg.

FIGURA 40 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Mg NAS FOLHAS VERDES

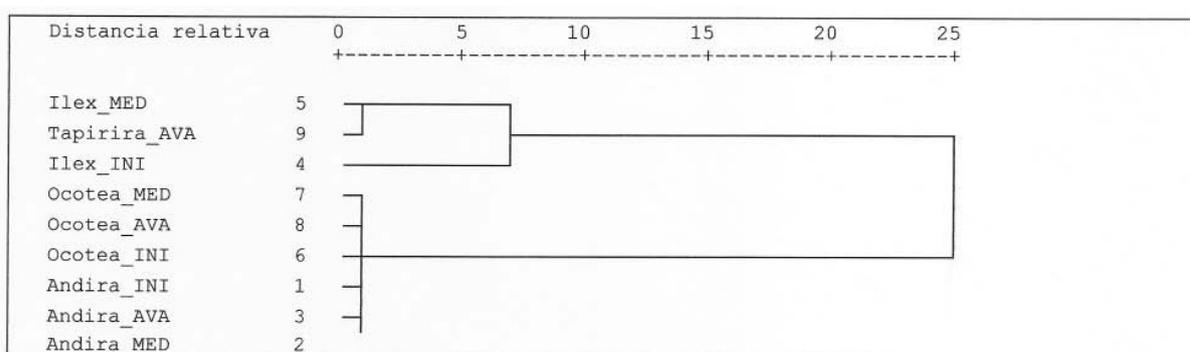


FIGURA 41 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Mg NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA

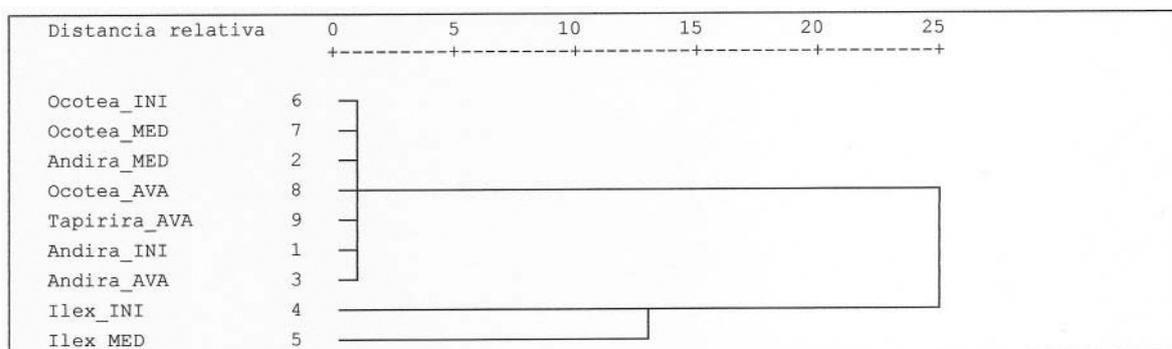
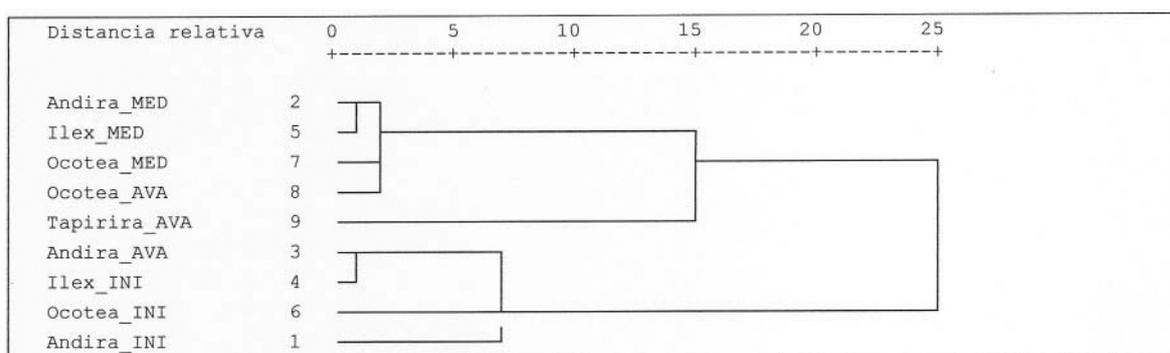


FIGURA 42 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Mg NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA



As FIGURAS 43 e 44 apresentam, respectivamente, os dendrogramas para os teores de Na nas folhas verdes e nas folhas de serapilheira. Em ambos os casos observa-se dois agrupamentos bem distintos; o primeiro formado por *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella* nas três tipologias florestais e *Tapirira guianensis* na tipologia AVA e o segundo grupo formado por *Ilex theezans* INI e MED, que apresenta teores bem superiores de Na em relação ao primeiro grupo. Já o dendrograma para precipitação interna (FIGURA 45), mostra comportamento bem distinto dos dendrogramas das FIGURAS 43 e 44. Aqui, *Tapirira guianensis* apresenta-se em um grupo isolado por seu elevado teor de Na na precipitação interna quando comparada às demais espécies.

FIGURA 43 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Na NAS FOLHAS VERDES

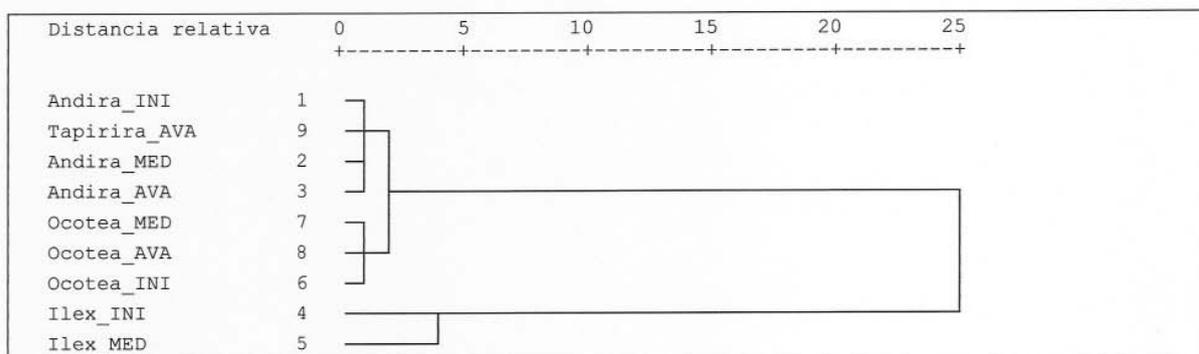


FIGURA 44 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Na NAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA

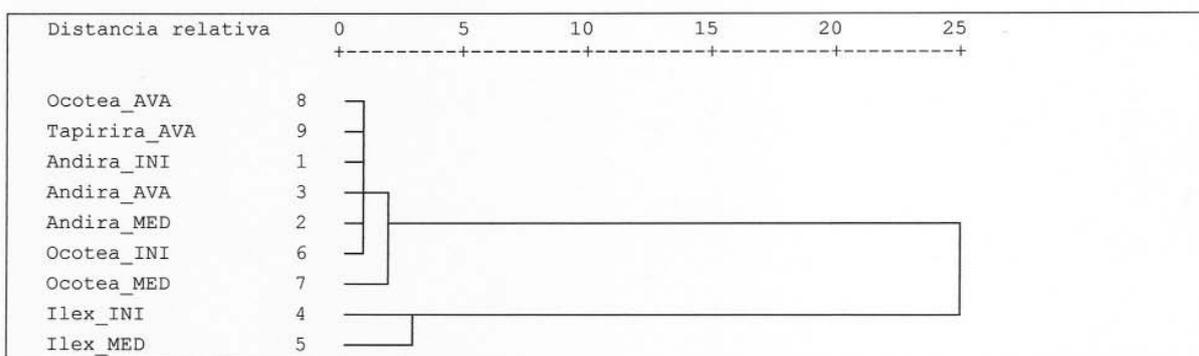
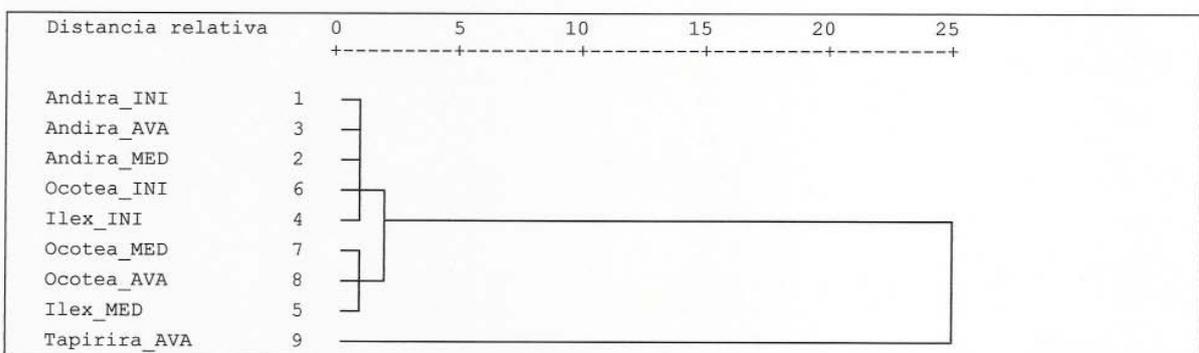


FIGURA 45 - DENDROGRAMA DOS TEORES MÉDIOS DE Na NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA



Comparando-se os dendrogramas de 29 a 45 observa-se que *Ilex theezans* e *Ocotea pulchella* possuem similaridades nutricionais em relação aos elementos N, P, K, Ca e Mg. *Andira anthelminthica* se diferencia das duas primeiras por apresentar

teores mais elevados de N e P nos tecidos foliares e nas folhas de serapilheira. *Tapirira guianensis*, forma um grupo isolado, se diferenciando significativamente das outras três espécies por apresentar elevado teor de Ca nas folhas verdes e nas folhas de serapilheira e apresentar os maiores teores de NO_3^- N, Ca, K e Na na precipitação interna.

Novos estudos sobre a espécie *Tapirira guianensis* são necessários para comprovar a importância da mesma como fornecedora de elementos minerais via precipitação interna. Tal contribuição significaria um suprimento nutricional imediato para o ecossistema ao qual a espécie faz parte.

5 CONCLUSÕES

Os teores de bioelementos presentes nas folhas verdes das espécies estudadas confirmam as mesmas como importantes reservatórios de nutrientes, nas tipologias florestais estudadas.

Para as condições destas tipologias florestais, a lavagem das folhas verdes, prévia à análise química, mostrou-se desnecessária, pois os bioelementos tiveram seu teor inalterado por esta preparação.

A deposição de folhas de serapilheira, pela sua massa e conteúdo em bioelementos, representa, nestas florestas, a principal via de ciclagem de nutrientes.

O padrão sazonal de deposição de serapilheira, de maneira geral com maiores valores na primavera e verão, indica que as plantas desenvolveram estratégia para renovação de folhas e retorno das mesmas ao solo na época de maior atividade fisiológica da floresta.

As quantidades expressivas de bioelementos redistribuídos nos tecidos vegetais confirmam a importância deste processo na ciclagem de nutrientes nestas florestas.

A quantidade de elementos minerais que chega ao piso florestal, via precipitação interna é menos expressiva que aquela que chega via deposição de serapilheira, entretanto deve ser levada em consideração, pois constitui-se na principal fonte “externa” de entrada de nutrientes nas florestas; e adquire importância ainda maior em florestas sobre solos com baixa reserva mineral, como é o caso da área de estudo.

Os teores dos elementos minerais nas folhas verdes, folhas de serapilheira e precipitação interna apresentaram algumas variações de acordo com as espécies arbóreas e tipologias florestais, mostrando que as características genéticas e fisiológicas das plantas e as características microambientais podem influenciar a composição química dos tecidos vegetais e a lavagem/lixiviação de nutrientes da copa das árvores.

Assim, as diferentes espécies, presentes nas tipologias florestais, cumprem um importante papel e contribuem de maneira distinta à ciclagem de nutrientes no ecossistema, como é o caso da *Tapirira guianensis* que se destacou pelos elevados teores de Ca nas folhas verdes e folhas de serapilheira e elevados teores de $\text{NO}_3^- \text{N}$,

K, Ca e Na na precipitação interna e *Andira anthelminthica* pelos elevados teores de N nas folhas verdes.

REFERÊNCIAS

ANGULO, R. J. **Geologia da planície costeira do Estado do Paraná**. São Paulo, 1992. 334 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de. Fluxo de nutrientes através da precipitação interna e escoamento pelo tronco em floresta natural secundária no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha – SP. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 37-58, 1987.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de; SHIMOMICHI, P. Y. Qualidade da água e dinâmica dos nutrientes em bacia hidrográfica recoberta por floresta de Mata Atlântica. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 5, n.1, p. 1-20, 1993.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.

ATTIWILL, P. M. On the cycling of elements in mature *Eucalyptus obliqua* Forest. In: AUSTRALIEN FOREST TREE NUTRIENT CONFERENCE, 1971, Parkville, Victoria. **Anais...** Parkville, Victoria: University of Melbourne, 1971, p. 39-46.

ATTIWILL, P. M.; GUTHRIE, H. B.; LEUNING, R. Nutrient cycling in a *Eucalyptus oblique* (L'Herit) forest. I. Litter production and nutrient return. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v.26, p.79-91, 1978.

BALIERO, F. de C.; DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. de. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Wild. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.

BIGARELLA, J. J.; BECKE, R. D. J.; SANTOS, G. F. dos. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1994.

BOEGER, M. R. T. **Morfologia foliar e aspectos nutricionais de espécies arbóreas em três estádios sucessionais, de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Paranaguá, PR**. Curitiba, 2000. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estágios sucessionais distintos de Floresta Ombrófila Densa

(Floresta Atlântica) no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 1, p. 61-72, 2003.

BOREM, R. A. T.; RAMOS, D.P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 42-59, 2002.

BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, v. 2, p. 101-157, 1964.

BRITEZ, R. M.; REISSMANN, C. B.; SILVA, S. M.; SANTOS FILHO, A. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma Floresta de Araucária, São Mateus do Sul, PR. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2. 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Revista do Instituto Florestal, São Paulo. v. 4, n. 3, p. 766-772. 1992. Edição especial.

BRITEZ, R. M. **Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR**. Curitiba, 1994. 240 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BRITEZ, R. M. **Efeito do alumínio em duas espécies arbóreas da planície litorânea da ilha do Mel, PR**. Curitiba. 2001. 260 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BUDOSWSKI, G. Forest succession in tropical lowlands. **Turrialba**, San José, v. 13, n. 1, p. 42-44, 1963.

CALDEIRA, M. V. W.; SHUMACHER, M. V.; PEREIRA, J. C.; DELLA-FLORA, J. B.; SANTOS, E. M. dos. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 19-24, 1999.

CALDEIRA, M. V. W.; SHUMACHER, M. V.; RODRIGUES, L. M. Teor e redistribuição de nutrientes em folhas e nos galhos em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. (acácia-negra). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 45, p. 69-88, jul./dez. 2002.

CARPANEZZI, A. A. **Banco de sementes e deposição de folheto e seus nutrientes em povoamentos de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) na região metropolitana de Curitiba-PR**. Rio Claro, 1997. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista.

CESAR, O. Produção de serapilheira na Mata Mesófila Semidecídua da Fazenda

Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v. 53, n. 4, p. 659-669, 1993a.

CESAR, O. Produção de serapilheira na Mata Mesófila Semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v. 53, n. 4, p. 671-681, 1993b.

CLARK, F. E. Internal cycling of nitrogen in shortgrass prairie. **Ecology**, v. 58, p. 1322-1333, 1977.

CLEVELÁRIO JR., J. **Distribuição de carbono e elementos minerais em um ecossistema florestal tropical úmido baixo-montano**. Viçosa, 1996. 135 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa.

CHEN, G. X.; YU, K. W.; LIAO, L. P.; XU, G. S. Effect of human activities on forest ecosystems: N cycle and soil fertility. **Nutrient cycling in Agroecosystems**, China, v. 57, n. 1, p. 47-54, 2000.

COSTA, J. P. O. de. **A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica**. <http://www.mre.gov.br/CDBRASIL/ITAMARATY/WEB/port/meioamb/arprot/tombadas/resbiosf/apresent.htm>. Acessado em 14/08/2006.

CUEVAS, E. ; MEDINA, E. Nutrient dynamics Amazonian forests. I. Nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization. **Oecologia** v.68, p. 466-472, 1986.

CUNHA, G. C. da.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em Floresta Estacional Decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 35-64, 1993.

CUSTÓDIO FILHO, A.; FRANCO, G. A. D. C.; POGGIANI, F.; DIAS, A. C. Produção de serapilheira e o retorno de macronutrientes em floresta pluvial atlântica-estação biológica de Boracéia (São Paulo-Brasil). **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 1-16, 1996.

DALLAL e WILKINSON . An analytic approximation to the distribution of Lilliefors's test statistic for normally, **The American Statistician**, v. 40, n. 4, 1986, 294 p.

DELITTI, W. B. C. **Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* Mogi Guaçu, São Paulo**. São Paulo, 1984. 298 f. Tese (Doutorado em Biociências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, número do evento, 1989, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989.

DIAS, H. C. T.; FIGUEIRA, M. D.; SILVEIRA, V.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. de; SCOLFORO, J. R. S. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual Montana em Lavras, MG. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 1-16, 2002.

DIX, N. J.; WEBSTER, J. **Fungal ecology**. Londres: Chapman & Hall, 1995. 549 p.

DICKOW, K. M. C. **Influência estacional e sucessional na lixiviação de nutrientes de serapilheira de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas**. Curitiba, 2000, 50 f. Monografia apresentada ao Programa especial de Treinamento do Curso de engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

DOMINGOS, M.; POGGIANI, F.; STRUFFALDI-DE VUONO, Y.; LOPES, M. I. M. S. Produção de serapilheira na reserva biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. **Hoehnea**, v. 17, n. 1, p. 47-58, 1990.

DOMINGOS, M.; POGGIANI, F.; STRUFFALDI-DE VUONO, Y.; LOPES, M. I. M. S. Precipitação pluvial e fluxo de nutrientes na floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.18, n. 1, p. 119-131, 1995.

DOMINGOS, M., MORAES, R.M., VUONO, Y.S., ANSELMO, C.E. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes em um trecho de Mata Atlântica secundária, na reserva biológica de Paranapiacaba, SP. São Paulo: **Revista Brasileira de Botânica** , v.20, n.1, p. 91-96, 1997.

DRECHSEL, P.; ZECCH, W. Foliar nutrient levels of broad-leaved tropical trees: A tabular review. **Plant and Soil**, v. 131, p. 29-46, 1991.

DRUMOND, M. A.; BARROS, N. F. de; SOUZA, A. L. de; SILVA, A. F. da. Distribuição de biomassa e de nutrientes em diferentes coberturas florestais e pastagem na região do Médio Rio Doce-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 187-199, 1997.

EATON, S.J.; LIKENS, G. E. E. BORMANN, F. H. Troughfall and stemflow chemistry in a Northern hardwood forest. **The Journal of Ecology**, Oxford, v. 61, n. 2, p. 495-508, 1973.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Rio de Janeiro, 1999, 412p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas**: princípios e perspectivas. 2° ed. Editora Planta, 2006.

FERRAZ, I. D. K.; FILHO, N. L.; IMAKAWA, A. M.; VARELA, V. P.; RODRIGUES, F. C. M. P. Características básicas para um agrupamento ecológico preliminar de espécies madeireiras da floresta de terra firme da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 34, n. 4, p. 621-633, 2004.

FERRI, M. G. **Ecologia**: temas e problemas brasileiros. São Paulo: EDUSP, 1974.

GARRIDO, M. A. de O.; POGGIANI, F. Avaliação da qualidade e do conteúdo de nutrientes do folheto de alguns povoamentos puros e misto de espécies indígenas. **Silvicultura**, São Paulo, 15/16, p. 1-22, 1982.

GEORGE, M. Nutrient return by stemflow, throughfall and rainwater in a *Eucalyptus hybrid* plantation. **The Indian Forester**, Dehra Dun, v. 105, n. 7, p. 493-499, 1979.

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: EDUSP, 1978.

GOLLEY, F. B. Nutrient cycling and nutrient conservation. In: GOLLEY, F. B. **Tropical Rainforest Ecosystem**: structure and function. 2. ed. Amsterdam: Elsevier Science B. V., 1996. p. 137-156.

GOMEZ-POMPA, A.; VAZQUES-YANES, C. Successional studies of a rainforest in Mexico. In: WEST, D. C.; SCHUGART, H. H.; BOTKIN, D. B. **Forest succession**: concepts and application. Springer-Verlag: New York. 1981. p. 246-266.

GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba; ESALQ, 2000. p. 221-267.

GREENLAND, D. J.; KOWAL, J. M. L. Nutrient content of the moist tropical forest of Ghana. **Plant and Soil**, v. 12, n. 2, p. 154-174, 1960.

HAAG, P.; VALERA, F. P.; CHIARANDA, R. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144 p.

HARTSHORN, G. S. Neotropical forest dynamics. **Biotropica**, v.12, p. 23-30, 1980.

HERRERA, R.; JORDAN, C. F.; KLINGE, H.; MEDINA, E. Amazon ecosystems: their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. **Interciência**,

Caracas, v. 3, p. 223-231, 1978.

IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina, 1978.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**: série manuais técnicos em geociências. Rio de Janeiro, n. 1, 1992. 92 p.

IBGE. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1998. v. 58.

IUCN. **Cuidando do Planeta Terra, uma estratégia para o futuro da vida**. IUCN/PNUMA/WWF. 1991. 246 p.

JACKSON, J. F. Seasonality of flowering and leaf-fall in a Brazilian subtropical lower montane moist Forest. **Biotropica**, St. Louis, v.10, n.1, p. 38-42, 1978.

JORDAN, C.F. The nutrient balance of an Amazonian Rain Forest. **Ecology**, Athens, V.63,n.3, p.647-654, 1982.

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical Forest ecosystems**. New York: John Wiley, 1985. 190 p.

KLEIN, R. M. Ecologia da flora e vegetação do Vale do Itajaí. **Sellowia**, Itajaí, v. 32, p. 31-32, 1980.

KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. Litter production in an area of Amazonian Terra Firme Forest. II - Mineral nutrient content of litter. **Amazoniana**, Manaus, v. 1, n. 4, p. 303-310, 1968.

KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. Matéria Orgânica e nutrientes na mata de terra firme perto de Manaus. **Acta Amazônica**. v. 1, n. 1, p. 69-72, 1971.

KLINGE, H. Preliminary data on nutrient release from decomposing leaf litter in a neotropical rainforest. **Amazoniana**, Manaus, v. 6, p. 193-202, 1977.

KLINGE, H. Foliar nutrient of native tree species from Central Amazonia. 2. Campina. **Amazoniana**, Manaus, v. 9, n. 3, 281-295. 1985.

KOEHLER, C. W.; REISSMANN, C. B.; KOEHLER, H. S. Deposição de resíduos orgânicos (serapilheira) e nutrientes em plantios de *Araucaria angustifolia* em função do sítio. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 9, p. 89-91, 1987.

KOENIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, J. E.; 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.

LEITÃO FILHO, H. F.; PAGANO, S. N.; CESAR, O.; TIMONI, J. L.; RUEDA, J. J. Aspectos da ciclagem de nutrientes. p. 129-163. In: H.F. LEITÃO FILHO (org.). **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. São Paulo. Editora da Universidade Estadual Paulista/Editora da Universidade de Campinas.

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

LEITE, F. P. **Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamentos de Eucalyptus grandis em diferentes densidades populacionais**. Viçosa, 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa.

LEOPOLDO, P. R.; CONTE, M. L. Repartição da água da chuva em cobertura florestal com características típicas de cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 6, 1985, São Paulo, **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3, p. 212-220. 1985.

LEVENE, H. **Robust for equality of variance**. IN: I. Olkin, (ed.), Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling, Stanford University Press, Standford,p.278-292. 1960

LIETH, H. Primary productivity of the major units of the world. In: LIETH, H. WHITTAKER, R. H. **Primary productivity of the biosphere**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. p. 203-215.

LIMA, W.P. **Alteração do pH, da condutividade e das concentrações de Ca, Mg e P da água da chuva em floresta de Pinus caribaea Mor. Var. caribaea**. IPEF, Piracicaba, (18): 37-54, 1979.

LIMA, W. P. Entrada de nutrientes pela chuva e pela lixiviação das copas em florestas homogêneas de pinheiros tropicais e em vegetação natural de cerrado. **Acta Limnologica Brasil**, São Carlos, v. 1, p. 503-525, 1986.

LIMA, W. P. **O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais**. São Paulo: Artpress, 1987.

LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**, São Paulo: EDUSP, 1993, 301p.

LIU, W.; FOX, J.E.D.; XU, Z. Nutrient fluxes in bulk precipitation, throughfall and stemflow in montane subtropical moist forest on Ailao Mountains in Yunnan, southwest China. **Journal of Tropical Ecology**, China, v.18, p.527-548, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Instituto Plantarum, 2000. v.1.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Instituto Plantarum, 2002. v.2.

LUGO, A. Tropical forests: their future and our future. In: LUGO, A.; LOWE, C. **Tropical forests**: management and ecology. New York: Springer-Verlag, 1995. 461 p. v. 112.

LUIZÃO, F. J. **Produção e decomposição da liteira e Floresta de Terra Firme da Amazônia Central**: aspectos químicos e biológicos da lixiviação e remoção dos nutrientes da liteira. Manaus, 1982. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2 ed. Rio de Janeiro: J. Olímpio, 1981.

MACEDO, G. V.; OLIVEIRA, R. R. **Produção de serapilheira na mata atlântica em dois sítios geomorfológicos no maciço da Pedra Branca**, RJ 2006. <http://www.geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/eixo3/3.4/046/046.htm>. Acessado em 05/06/2006.

MALAVOLTA, E. Absorção e transporte de íons e nutrição mineral. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1979. v. 1, p. 77-113.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980.

MALAVOLTA, E.; MALAVOLTA, M. L. Diagnose foliar: princípios e aplicações. In: BULL, L. T.; ROSOLEN, C. A. **Interpretação da análise química do solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: FEPAE, 1989. p. 227-308.

MAROCO, J. **Análise Estatística com utilização do SPSS**. Lisboa: Edições Silabo, 2003. 487p.

MARQUES, M. C.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 713-723, 2004.

MARQUES, R. **Dynamique du fonctionnement mineral d'une plantation de Douglas (*Pseudotsuga menziesi* (Mirb.) Franco) dans le Monts du Beaujolais (France)**. França, 1996. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Ecole Nationale Du Genie Rural Des Eaux Et Dês Forest, ENGREF.

MARQUES, R.; RANGER, J. Dinâmica hidrobiogeoquímica em um ecossistema florestal de clima temperado. In: FORUM DE GEOBIOHIDROLOGIA, ESTUDOS EM VERTENTES E MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS, 1, 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, p. 219-237. 1998.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995, 889 p.

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**. Curitiba, 2004. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

McDOWELL, W. H. Internal nutrient fluxes in a Puerto Rican rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 14, p. 521-536. 1998.

MEENTEMEYER, V.; BOX, E. O.; THOMPSON, R. World patterns and amounts of terrestrial plant litter production. **BioScience**, Washington-DC, v. 32, n. 2, p. 125-128, 1982.

MEGURO, M.; VINUZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes na mata mesófila secundária – São Paulo. II – O papel da precipitação na importação e transferência de potássio e fósforo. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 7, p. 61-67, 1979.

MEGURO, M.; VINUZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária – São Paulo. III – Decomposição do material foliar e liberação dos nutrientes minerais. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 8, p. 7-20, 1980.

MEGURO, M. Ciclagem de nutrientes minerais nos ecossistemas da Mata Atlântica: alguns aspectos. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 1, 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Academia de Ciências de São Paulo, p. 98-122. 1987.

MELLO, W. Z.; MOTTA, J. S. T. Acidez na chuva. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 34, p. 40-43. 1987.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bem, International Potash Institute, 1978, 593 p.

MORAES, R.M. & DELITTI, W.B.C. Produção e retorno de nutrientes via serapilheira foliar de *Euterpe edulis* Mart. em Mata Atlântica de encosta, Ilha do Cardoso, SP. **Naturalia**, SP. v. 21: p. 57-62, 1996.

MULLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: J. Wiley, 1974.

MYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. de S. do; MELLO, W. J. de. Análises químicas do tecido vegetal. In: SILVA, F. C. de. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. p. 171-224.

NORMAN, R. J.; STUCKI, J. W. The determination of nitrate and nitrite in soil extracts by ultraviolet spectrophotometry, **Soil Science Society of America Journal**, Madison, n. 45, p. 347-353, 1981.

NUNES, K. S. **Ciclagem de nutrientes na mata de Dois Irmãos – Recife**. Recife, 1980. 123 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

NYE, P. H. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. **Plant and Soil**, Crawley, v. 13, n. 4, p. 333-346, 1961.

NYE, P. H.; GREENLAND, D. J. Changes in the soil after clearing tropical forest. **Plant and Soil**, Crawley, v. 21, n. 1, p. 101-112, 1964.

O'CONNELL, A. M.; GROVE, T. S.; DIMMOCK, G. M. Nutrients in the litter on Jarrah forest soils. **Australian Journal of Ecology**. Collingwood, v. 3, p. 253-260, 1978.

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

PEHL, C.E. & RAY, K.F. Atmospheric nutrient inputs to three forest types in east Texas. **Forest Ecology and Management**, 7:11-8, 1984.

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

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

PRADO LOPES, M.L.C.S. **Ciclo hidrogeoquímico na bacia do alto rio da Cachoeira, Floresta da Tijuca – RJ**. Niterói, RJ. 130p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica). Departamento de Geoquímica, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, 1994.

PRESCOTT, C. E. The influence of the Forest canopy on nutrient cycling. **Tree Physiology**, Victoria, v. 22, p. 1193-1200, 2002.

RACHWAL, M. F. G.; CURCIO, G. R. Principais tipos de solos do Estado do Paraná: suas características e distribuição na paisagem. In: IPARDES. **A vegetação natural do Estado do Paraná**. Curitiba: IPARDES, 1994.

RANGER, J.; MARQUES, R.; COLIN-BELGRAND, M. Nutrient dynamics during the development of a Douglas-fir (*Pseudotsuga menziessi* Mirb.) stand. **Acta Ecológica**, v. 18, n. 2, p. 73-90, 1997.

REIS, M.G.F. & BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990, 330p.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. 2. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979, 374p.

ROCHA, A. A. **Deposição, decomposição e acumulação de serapilheira e nutrientes em fragmentos de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Paranaguá, PR**. Curitiba, 2006. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S. **Macrozoneamento florístico da Área de Proteção Ambiental: APA – GUARAQUEÇABA**. Curitiba: FUPEF – Série técnica, n. 15, p. 1-53, 1988.

RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S.; TRAMUJAS, A. P. Guaricica (*Vochysia bifalcata* Warming). **Revista Floresta**. Curitiba, v. 24, n. 1/2, p. 106-110, 1996.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G.; KIRCHNER, F. F. **Levantamento da vegetação da área de proteção ambiental de Guaratuba – APA Guaratuba**. Curitiba: UFPR – Departamento de Silvicultura e Manejo, 1997. 78 p. Relatório técnico.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**. n. 24, p. 75-92, 2002.

SANTIAGO, L.S., SCHUUR, E.A.G., SILVERA, K. Nutrient cycling and plant-soil feedbacks along a precipitation gradient in lowland Panamá. **Journal of Tropical Ecology**. n. 21, p. 461-470, 2005.

SANTOS, P. F.; ELKINS, N. Z.; STEINBERGER, Y.; WHITFORD, W. G. A comparison of surface and buried *Larrea tridentata* leaf litter decomposition in North American hot deserts. **Ecology**, v. 65, n. 1, p. 278-284, 1984.

SANTOS, V. D. dos. **Ciclagem de nutrientes minerais em mata tropical subcaducifolia dos planaltos do Paraná (Parque Estadual de Vila Rica do Espírito Santo – Fênix/PR)**. São Carlos, 1989. 387 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos.

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

SCHRUMPF, M., ZECH, W. Biogeochemistry of an afro-tropical montane rain forest on Mt. Kilimanjaro, Tanzania. **Journal of Tropical Ecology**. 22:77-89, 2006.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell.** Piracicaba, 1992. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SCHUMACHER, M. V. BRUN, E. J. RODRIGUES, L. M.; SANTOS, E. M. dos. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de Acácia Negra (*Acacia mearnsii* Wild.) no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 791-798, 2003.

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

SEMA - SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Mapeamento da Floresta Atlântica do Estado do Paraná**. Curitiba, 2002. 1 CD-ROM.

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.

SOLINS, P., GRIER, C.C., McCORISON, F.M., CROMAK Jr., K., FOGEL, R., FREDRIKSEN, R.L. The internal element cycles of an old-growth Douglas-fir ecosystem in western Oregon. **Ecol. Monogr.** 50:261-285, 1980.

SPURR, S. H.; BARNES, B. V. **Forest ecology**. 3. New York: Wiley, 1980. 690 p.

STARK, N. The nutrient content of plants and soils from Brazil and Surinam. **Biotropica**, Lawrence, v. 2, n. 1, p. 51-60, 1970.

STARK, N. M.; JORDAN, C. F. Nutrient retention by the root mat of an Amazonian rain forest. **Ecology**, New York, v. 59, n. 3, p. 434-437, 1978.

SWAINE, M.C.; WHITMORE, T.C. On the definition of ecological species in tropical rainforests. **Vegetatio**, 75, p.81-86. 1998.

SWIFT, M. J.; ANDERSON, J. M. Decomposition. In: LIETH, H.; WERGER, M. J. A. **Tropical rain forest ecosystems: structure and function**. Amsterdam: Elsevier, p. 547-569, 1989.

SWITZER, G.; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.). Plantation Ecosystems: the first twenty years. **Soil Science Society of America Proceeding**, v. 36, p. 143-147, 1972.

TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. **Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil**. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v. 23, n.1, p.13-26, 2000.

TANNER, E.V.J E KAPOV, V. Leaf structure of Jamaican upper montane rain-forest trees. **Biotropica**, v.14, n.1, p.16-24, 1982.

TEIXEIRA, C.B., DOMINGOS, M., REBELO, C.F., MORAES, R.M. Produção de serapilheira em floresta residual da cidade de São Paulo: Parque Estadual das fontes do Ipiranga. **ANAIS – 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas**, 1992.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. Livraria Nobel, São Paulo, 1ª ed. 3ª reimpressão. Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus Botucatu. 1984, 374 p.

UNICAMP. **Consórcio Mata Atlântica. Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Plano de ação**. São Paulo, v.1, 1992, 101 p.

URURAHY, J. C. C.; COLLARES, J. E. R.; SANTOS, M. M.; BARRETO, R. A. A. **As Regiões Fitoecológicas, Sua Natureza e seus Recursos Econômicos – Estudo Fitogeográfico**. Projeto RADAM-BRASIL. Parte da folha SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro, 1983.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

VIEIRA, L. C. **Manual de ciência do solo**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1975.

VITOUSEK, P. M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **The American Naturalist**, Chigado, v. 119, p. 553-572, 1982.

VITOUSEK, P. M. Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, Durham, v. 65, n. 1, p. 285-198, 1984.

VITOUSEK, P. M.; SANFORD JUNIOR, R. L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review on Ecology Systematics**, v. 17, p. 137-167, 1986.

VOLK, G.M., LYNCH-HOLM, V.J., KOSTMAN, T.A., GOSS, L.J. & FRANCESCHI, V.R. The role of druse and raphide calcium oxalate crystals in tissue calcium regulation in *Pistia stratiotes* leaves. **Plant Biology**, 4:34-45, 2002.

WALLING, D. E. Water in the catchment ecosystem. In: GROWER, A. M. **Water quality in catchment ecosystem**. Chichester: John Wiley e Sons, 1980, p. 1-47.

WESTERMAN, R. L. **SSSA Book Series:3**, Soil Testing and Plant Analysis, Third Edition. Published by: Soil Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin, USA. 1990, 784 p.

WISNIEWSKI, C.; ZILLER, S. R.; CURCIO, G. R.; RACHWAL, M. F.; TREVISAN, E.; SOUZA, J. P. **Caracterização do ecossistema e estudo das relações solo cobertura vegetal em planície pleistocênica do litoral paranaense**. Curitiba, 1997, 55 f. CNPq. Projeto integrado.

ANEXOS

ANEXO 1

TABELA I: TEOR DE ELEMENTOS MINERAIS EM mg/L NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA SOB ÁRVORES DE *Andira anthelminthica*

Estação	Data coleta	Precipitação			Na			K			Ca			Mg			NO ₃		
		Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava
Primavera	08.10.04	24	37	16	7,70	7,03	8,10	1,53	3,57	3,50	1,09	1,32	1,82	1,97	2,15	1,68	0,25	0,17	0,28
	27.10.04	167	175	141	1,77	2,27	1,60	0,17	1,03	0,70	0,07	0,50	0,22	0,05	0,25	0,10	0,08	0,21	0,16
	19.11.04	93	97	66	5,77	4,97	5,27	0,17	0,73	1,67	0,43	0,61	0,49	0,40	0,58	0,41	0,08	0,17	0,06
	09.12.04	126	126	120	2,23	2,23	1,97	0,23	0,47	0,80	0,27	0,33	0,28	0,05	0,16	0,09	0,05	0,19	0,10
	30.12.04	218	280	215	2,63	2,73	2,53	0,27	0,50	0,80	0,19	0,39	0,31	0,22	0,36	0,21	0,03	0,13	0,05
Verão	21.01.05	198	193	171	1,20	1,40	1,03	0,20	0,50	0,43	0,09	0,14	0,11	0,01	0,05	0,02	0,08	0,29	0,04
	11.02.05	109	120	96	4,60	3,43	5,00	0,70	0,50	1,03	0,48	0,30	0,41	0,33	0,34	0,27	0,10	0,13	0,04
	03.03.05	154	154	140	1,60	1,83	1,77	0,23	0,43	0,77	0,19	0,19	0,27	0,05	0,11	0,08	0,06	0,16	0,05
	26.03.05	195	215	191	1,23	1,60	0,93	0,37	0,33	0,37	0,10	0,16	0,13	0,02	0,06	0,02	0,07	0,11	0,05
Outono2	19.04.05	81	94	74	1,55	1,53	1,37	0,15	0,20	0,53	0,22	0,21	0,17	0,08	0,10	0,05	0,08	0,24	0,03
	05.05.05	74	74	67	2,57	2,63	2,23	0,17	0,47	0,83	0,23	0,24	0,18	0,14	0,25	0,10	0,06	0,42	0,07
	25.05.05	72	72	72	1,80	2,00	1,67	0,13	0,27	0,77	0,06	0,11	0,06	0,03	0,14	0,03	0,07	0,31	0,07
	21.06.05	97	96	101	1,53	1,25	1,17	0,23	0,35	0,77	0,13	0,22	0,15	0,03	0,11	0,08	0,05	0,25	0,13
Inverno2	11.07.05	44	50	52	2,63	3,40	4,50	0,33	0,45	1,10	0,33	0,31	0,72	0,25	0,21	0,32	0,03	0,35	0,19
	03.08.05	66	66	66	2,00	1,15	1,37	0,30	0,60	0,73	0,10	0,12	0,27	0,01	0,03	0,08	0,05	0,17	0,22
	24.08.05	84	63	84	1,25	1,00	1,47	0,55	0,30	0,73	0,10	0,14	0,14	0,02	0,03	0,03	0,04	0,08	0,10
	16.09.05	195	252	103	3,40	2,10	0,90	0,40	1,10	0,80	0,21	0,12	0,14	0,03	0,02	0,07	0,03	0,16	0,12
Total		1993	2162	1774	45,47	42,57	42,87	6,13	11,80	16,33	4,30	5,42	5,86	3,67	4,96	3,65	1,22	3,54	1,76
Correlação (r_s)					-0,37	-0,27	-0,52	-0,36	-0,18	-0,57	-0,46	-0,25	-0,50	-0,44	-0,31	-0,48	-0,34	-0,36	-0,55

TABELA II: TEOR DE ELEMENTOS MINERAIS EM mg/L NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA SOB ÁRVORES DE *Ilex theezans*

Estação	Data coleta	Precipitação			Na			K			Ca			Mg			NO ₃		
		Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava
Primavera	08.10.04	15	26		6,43	7,70		1,73	2,65		1,29	1,34		1,43	2,44		0,13	0,22	
	27.10.04	141	175		2,00	2,13		0,53	1,03		0,15	0,19		0,11	0,13		0,22	0,18	
	19.11.04	97	97		5,53	6,83		0,83	2,80		0,55	0,47		0,49	0,44		0,11	0,10	
	09.12.04	126	126		2,20	2,40		0,50	0,97		0,25	0,33		0,08	0,13		0,05	0,12	
	30.12.04	238	215		2,50	2,93		0,47	0,83		0,25	0,64		0,22	0,31		0,02	0,10	
Verão	21.01.05	198	198		1,10	1,43		0,30	0,63		0,08	0,09		0,02	0,02		0,03	0,09	
	11.02.05	116	99		5,33	6,00		0,50	1,17		0,34	0,44		0,30	0,41		0,05	0,08	
	03.03.05	154	118		1,33	2,23		0,23	0,77		0,21	0,25		0,05	0,10		0,04	0,08	
	26.03.05	212	154		1,20	1,90		0,23	0,70		0,10	0,15		0,02	0,07		0,05	0,15	
Outono2	19.04.05	85	77		1,37	2,00		0,27	0,77		0,18	0,19		0,06	0,07		0,05	0,10	
	05.05.05	74	74		2,27	3,13		0,37	1,07		0,21	0,23		0,13	0,17		0,05	0,16	
	25.05.05	72	72		1,53	2,17		0,33	0,70		0,02	0,08		0,04	0,09		0,06	0,11	
	21.06.05	88	120		1,10	1,47		0,40	0,80		0,29	0,24		0,14	0,10		0,05	0,10	
Inverno2	11.07.05	40	55		4,25	4,17		0,55	1,00		0,24	0,34		0,24	0,30		0,05	0,05	
	03.08.05	66	66		0,65	1,23		0,50	0,80		0,14	0,12		0,02	0,06		0,02	0,15	
	24.08.05	66	84		0,90	1,50		0,30	0,77		0,12	0,14		0,02	0,04		0,01	0,07	
	16.09.05		252		0,55	0,90		0,40	0,70		0,19	0,06		0,02	0,04		0,12	0,07	
Total		1787	2006		40,25	50,13		8,45	18,15		4,61	5,28		3,38	4,92		1,12	1,94	
Correlação (r_s)					-0,43	-0,36		-0,46	-0,36		-0,43	-0,20		-0,44	-0,33		0,04	-0,17	

TABELA III: TEOR DE ELEMENTOS MINERAIS EM mg/L NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA SOB ÁRVORES DE *Ocotea pulchella*

Estação	Data coleta	Precipitação			Na			K			Ca			Mg			NO ₃		
		Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava
Primavera	08.10.04	25	19	17	8,23	10,27	9,00	1,30	3,90	4,30	2,38	0,82	3,11	1,84	2,91	1,89	0,14	0,24	0,25
	27.10.04	175	175	154	1,50	2,03	1,77	0,43	0,93	1,03	0,15	0,17	0,21	0,12	0,08	0,12	0,16	0,26	0,10
	19.11.04	97	97	64	5,43	6,47	6,00	0,80	2,00	1,65	0,79	0,54	0,88	0,48	0,51	0,52	0,06	0,14	0,08
	09.12.04	126	126	111	1,93	2,10	2,40	0,50	0,80	1,07	0,55	0,24	0,45	0,14	0,05	0,20	0,02	0,13	0,13
	30.12.04	255	280	208	2,50	2,13	2,67	0,50	1,00	1,03	0,36	0,19	0,41	0,23	0,11	0,24	0,02	0,11	0,10
Verão	21.01.05	198	198	138	1,10	1,47	1,37	0,47	0,57	0,87	0,11	0,08	0,12	0,03	0,01	0,02	0,03	0,13	0,09
	11.02.05	116	128	84	5,37	5,10	5,33	0,77	1,17	1,43	0,61	0,29	0,46	0,35	0,30	0,29	0,03	0,13	0,02
	03.03.05	154	154	146	1,80	1,90	2,23	0,43	0,83	1,30	0,24	0,14	0,29	0,08	0,03	0,09	0,04	0,11	0,13
	26.03.05	198	306	242	1,37	1,10	1,20	0,37	0,43	0,53	0,10	0,07	0,16	0,02	0,00	0,01	0,05	0,09	0,04
Outono2	19.04.05	83	94	94	2,10	2,30	1,83	1,30	1,40	1,47	0,21	0,15	0,30	0,08	0,05	0,12	0,21	0,21	0,18
	05.05.05	74	74	74	2,37	2,90	2,25	0,70	1,27	1,15	0,17	0,15	0,19	0,10	0,09	0,13	0,07	0,18	0,07
	25.05.05	72	72	72	1,43	1,63	2,30	0,43	0,93	1,67	0,01	0,08	0,24	0,04	0,04	0,15	0,04	0,15	0,09
	21.06.05	120	120	109	0,65	1,70	1,17	0,60	1,30	1,00	0,14	0,28	0,21	0,02	0,13	0,08	0,01	0,14	0,06
Inverno2	11.07.05	69	54	57	3,00	3,20	4,07	0,60	2,00	1,37	0,22	0,27	0,58	0,17	0,24	0,37	0,06	0,11	0,09
	03.08.05	66	66	66	0,45	1,27	1,33	0,35	1,17	1,17	0,06	0,11	0,16	0,01	0,03	0,04	0,03	0,21	0,12
	24.08.05	67	84	84	0,85	0,83	1,10	0,45	0,57	0,70	0,14	0,11	0,14	0,02	0,01	0,03	0,05	0,04	0,07
	16.09.05	191	191	64	0,55	1,33	1,00	0,60	1,80	1,07	0,22	0,14	0,13	0,03	0,09	0,06	0,11	0,12	0,09
Total		2085	2237	1784	40,63	47,73	47,02	10,60	22,07	22,80	6,48	3,84	8,03	3,76	4,68	4,36	1,12	2,50	1,71
Correlação (r_s)					-0,42	-0,39	-0,50	-0,48	-0,39	-0,60	-0,38	-0,38	-0,48	-0,41	-0,35	-0,50	-0,17	-0,24	-0,39

TABELA IV: TEOR DE ELEMENTOS MINERAIS EM mg/L NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA SOB ÁRVORES DE *Tapirira guianensis*

Estação	Data coleta	Precipitação			Na			K			Ca			Mg			NO ₃		
		Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava
Primavera	08.10.04			19			9,43			4,73			2,88			2,00			0,65
	27.10.04			175			4,65			2,05			0,33			0,10			0,46
	19.11.04			97			5,03			4,10			0,42			0,27			0,68
	09.12.04			126			3,43			2,07			0,35			0,12			0,74
	30.12.04			280			3,93			2,10			0,45			0,24			0,78
Verão	21.01.05			198			3,17			1,93			0,25			0,06			0,64
	11.02.05			128			5,37			2,27			0,53			0,35			0,97
	03.03.05			154			4,70			2,17			0,36			0,10			0,63
	26.03.05			269			2,37			0,87			0,16			0,02			0,32
Outono2	19.04.05			94			3,80			1,47			0,28			0,10			0,35
	05.05.05			74			4,53			1,67			0,31			0,17			0,66
	25.05.05			72			1,80			0,70			0,39			0,20			0,03
	21.06.05			114			2,83			1,57			0,32			0,13			0,45
Inverno2	11.07.05			50			5,93			2,27			0,54			0,32			0,35
	03.08.05			66			3,50			2,10			0,52			0,15			0,17
	24.08.05			84			3,70			1,87			0,14			0,03			0,39
	16.09.05			83			3,10			1,87			0,28			0,14			0,40
Total				2081			71,28			35,78			8,50			4,52			8,69
Correlação (r_s)							-0,49			-0,42			-0,48			-0,49			0,22

ANEXO 2

TABELA I: QUANTIDADE DE NUTRIENTES EM kg/ha NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA SOB ÁRVORES DE *Andira anthelminthica*

Estação	Data coleta	Precipitação			Na			K			Ca			Mg			NO ₃		
		Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava
Primavera	08.10.04	24	37	16	1,81	2,60	1,26	0,36	1,32	0,54	0,26	0,49	0,28	0,46	0,80	0,26	0,06	0,06	0,04
	27.10.04	167	175	141	2,94	3,96	2,26	0,28	1,80	0,99	0,11	0,87	0,30	0,08	0,43	0,14	0,14	0,36	0,23
	19.11.04	93	97	66	5,34	4,82	3,47	0,15	0,71	1,10	0,40	0,59	0,32	0,37	0,56	0,27	0,08	0,16	0,04
	09.12.04	126	126	120	2,80	2,80	2,35	0,29	0,59	0,96	0,34	0,41	0,34	0,07	0,20	0,11	0,06	0,24	0,12
	30.12.04	218	280	215	5,75	7,66	5,44	0,58	1,40	1,72	0,42	1,11	0,66	0,47	1,02	0,46	0,08	0,36	0,10
Verão	21.01.05	198	193	171	2,38	2,70	1,77	0,40	0,96	0,74	0,18	0,27	0,19	0,03	0,10	0,04	0,17	0,55	0,07
	11.02.05	109	120	96	5,00	4,10	4,80	0,76	0,60	0,99	0,52	0,36	0,39	0,36	0,41	0,26	0,11	0,15	0,04
	03.03.05	154	154	140	2,47	2,83	2,48	0,36	0,67	1,08	0,30	0,29	0,37	0,08	0,16	0,11	0,10	0,25	0,06
	26.03.05	195	215	191	2,40	3,44	1,79	0,71	0,72	0,70	0,19	0,35	0,24	0,04	0,13	0,04	0,14	0,24	0,09
Outono	19.04.05	81	94	74	1,25	1,44	1,01	0,12	0,19	0,39	0,18	0,19	0,12	0,06	0,10	0,04	0,07	0,23	0,02
	05.05.05	74	74	67	1,89	1,94	1,51	0,12	0,34	0,56	0,17	0,18	0,12	0,10	0,18	0,06	0,05	0,31	0,05
	25.05.05	72	72	72	1,30	1,44	1,20	0,10	0,19	0,55	0,05	0,08	0,04	0,02	0,10	0,02	0,05	0,23	0,05
	21.06.05	97	96	101	1,49	1,20	1,18	0,23	0,34	0,77	0,13	0,21	0,15	0,03	0,10	0,08	0,05	0,24	0,13
Inverno	11.07.05	44	50	52	1,15	1,71	2,36	0,15	0,23	0,58	0,14	0,16	0,38	0,11	0,10	0,17	0,01	0,18	0,10
	03.08.05	66	66	66	1,31	0,75	0,90	0,20	0,39	0,48	0,06	0,08	0,18	0,01	0,02	0,06	0,03	0,11	0,14
	24.08.05	84	63	84	1,05	0,63	1,23	0,46	0,19	0,61	0,08	0,09	0,12	0,01	0,02	0,03	0,03	0,05	0,08
	16.09.05	195	252	103	6,62	5,29	0,92	0,78	2,77	0,82	0,42	0,30	0,14	0,05	0,04	0,07	0,06	0,40	0,12
Total		1993	2162	1774	46,95	49,32	35,91	6,05	13,41	13,59	3,95	6,03	4,37	2,34	4,48	2,20	1,27	4,12	1,51

TABELA II: QUANTIDADE DE NUTRIENTES EM kg/ha NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA SOB ÁRVORES DE *Ilex theezans*

Estação	Data coleta	Precipitação			Na			K			Ca			Mg			NO ₃		
		Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava
Primavera	08.10.04	15	26		0,99	1,97		0,27	0,68		0,20	0,34		0,22	0,62		0,02	0,06	
	27.10.04	141	175		2,82	3,72		0,75	1,80		0,21	0,33		0,16	0,23		0,31	0,31	
	19.11.04	97	97		5,37	6,63		0,81	2,72		0,53	0,45		0,48	0,43		0,11	0,10	
	09.12.04	126	126		2,76	3,01		0,63	1,21		0,32	0,41		0,10	0,16		0,06	0,15	
	30.12.04	238	215		5,96	6,30		1,11	1,79		0,59	1,37		0,53	0,66		0,06	0,21	
Verão	21.01.05	198	198		2,18	2,84		0,59	1,25		0,16	0,18		0,03	0,04		0,06	0,18	
	11.02.05	116	99		6,16	5,96		0,58	1,16		0,40	0,44		0,34	0,40		0,05	0,08	
	03.03.05	154	118		2,05	2,62		0,36	0,90		0,32	0,29		0,08	0,12		0,07	0,09	
	26.03.05	212	154		2,54	2,93		0,49	1,08		0,21	0,23		0,04	0,11		0,10	0,24	
Outono	19.04.05	85	77		1,17	1,54		0,23	0,59		0,15	0,14		0,05	0,06		0,04	0,08	
	05.05.05	74	74		1,67	2,31		0,27	0,79		0,15	0,17		0,09	0,13		0,04	0,12	
	25.05.05	72	72		1,10	1,56		0,24	0,50		0,02	0,06		0,03	0,07		0,04	0,08	
	21.06.05	88	120		0,96	1,76		0,35	0,96		0,25	0,28		0,12	0,12		0,04	0,12	
Inverno	11.07.05	40	55		1,71	2,29		0,22	0,55		0,10	0,18		0,09	0,17		0,02	0,03	
	03.08.05	66	66		0,43	0,81		0,33	0,52		0,09	0,08		0,01	0,04		0,01	0,10	
	24.08.05	66	84		0,59	1,25		0,20	0,64		0,08	0,11		0,01	0,03		0,01	0,06	
	16.09.05		252			2,27			1,76			0,16			0,10			0,18	
Total		1787	2006		38,47	49,80		7,43	18,92		3,78	5,24		2,39	3,48		1,04	2,19	

TABELA III: QUANTIDADE DE NUTRIENTES EM kg/ha NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA SOB ÁRVORES DE *Ocotea pulchella*

Estação	Data coleta	Precipitação			Na			K			Ca			Mg			NO ₃		
		Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava
Primavera	08.10.04	25	19	17	2,05	2,00	1,57	0,32	0,76	0,75	0,59	0,16	0,54	0,46	0,57	0,33	0,03	0,05	0,04
	27.10.04	175	175	154	2,62	3,55	2,73	0,76	1,63	1,60	0,27	0,30	0,32	0,21	0,13	0,18	0,28	0,46	0,15
	19.11.04	97	97	64	5,27	6,27	3,83	0,78	1,94	1,05	0,77	0,52	0,56	0,46	0,50	0,33	0,06	0,13	0,05
	09.12.04	126	126	111	2,43	2,64	2,68	0,63	1,00	1,19	0,70	0,30	0,51	0,18	0,07	0,22	0,02	0,17	0,15
	30.12.04	255	280	208	6,38	5,98	5,55	1,28	2,80	2,15	0,93	0,54	0,84	0,58	0,31	0,50	0,04	0,31	0,20
Verão	21.01.05	198	198	138	2,18	2,90	1,88	0,92	1,12	1,19	0,21	0,16	0,17	0,05	0,02	0,03	0,06	0,26	0,12
	11.02.05	116	128	84	6,20	6,51	4,48	0,89	1,49	1,20	0,70	0,37	0,39	0,40	0,38	0,24	0,03	0,16	0,02
	03.03.05	154	154	146	2,77	2,93	3,27	0,67	1,28	1,90	0,38	0,22	0,42	0,12	0,05	0,14	0,06	0,17	0,19
	26.03.05	198	306	242	2,71	3,36	2,90	0,73	1,33	1,29	0,19	0,22	0,39	0,04	0,00	0,02	0,09	0,26	0,09
Outono	19.04.05	83	94	94	1,73	2,16	1,73	1,07	1,32	1,38	0,17	0,14	0,29	0,07	0,05	0,11	0,17	0,19	0,17
	05.05.05	74	74	74	1,74	2,13	1,66	0,52	0,93	0,85	0,13	0,11	0,14	0,07	0,07	0,09	0,05	0,13	0,05
	25.05.05	72	72	72	1,03	1,18	1,66	0,31	0,67	1,20	0,01	0,06	0,17	0,03	0,03	0,10	0,03	0,11	0,07
	21.06.05	120	120	109	0,78	2,05	1,28	0,72	1,56	1,09	0,17	0,34	0,23	0,02	0,15	0,09	0,02	0,17	0,07
Inverno	11.07.05	69	54	57	2,08	1,72	2,32	0,42	1,07	0,78	0,16	0,15	0,33	0,12	0,13	0,21	0,04	0,06	0,05
	03.08.05	66	66	66	0,30	0,83	0,87	0,23	0,77	0,77	0,04	0,07	0,11	0,00	0,02	0,03	0,02	0,14	0,08
	24.08.05	67	84	84	0,57	0,70	0,92	0,30	0,47	0,59	0,09	0,09	0,12	0,02	0,00	0,02	0,03	0,03	0,06
	16.09.05	191	191	64	1,05	2,55	0,64	1,15	3,45	0,68	0,42	0,27	0,08	0,06	0,17	0,04	0,21	0,23	0,05
Total		2085	2237	1784	41,89	49,47	39,95	11,68	23,60	19,66	5,93	4,01	5,59	2,90	2,64	2,70	1,26	3,04	1,62

TABELA IV: QUANTIDADE DE NUTRIENTES EM kg/ha NA SOLUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA SOB ÁRVORES DE *Tapirira guianensis*

Estação	Data coleta	Precipitação			Na			K			Ca			Mg			NO ₃		
		Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava	Ini	Med	Ava
Primavera	08.10.04			19			1,77			0,89			0,54			0,38			0,12
	27.10.04			175			8,12			3,58			0,58			0,18			0,80
	19.11.04			97			4,88			3,98			0,40			0,26			0,66
	09.12.04			126			4,31			2,59			0,44			0,15			0,93
	30.12.04			280			11,03			5,89			1,25			0,66			2,19
Verão	21.01.05			198			6,27			3,83			0,50			0,13			1,27
	11.02.05			128			6,85			2,89			0,67			0,45			1,24
	03.03.05			154			7,24			3,34			0,55			0,16			0,97
	26.03.05			269			6,36			2,33			0,42			0,06			0,86
Outono	19.04.05			94			3,58			1,38			0,26			0,10			0,32
	05.05.05			74			3,34			1,23			0,23			0,13			0,49
	25.05.05			72			1,30			0,50			0,28			0,15			0,02
	21.06.05			114			3,23			1,79			0,37			0,15			0,52
Inverno	11.07.05			50			2,99			1,14			0,27			0,16			0,17
	03.08.05			66			2,30			1,38			0,34			0,10			0,11
	24.08.05			84			3,09			1,56			0,11			0,03			0,33
	16.09.05			83			2,56			1,54			0,23			0,11			0,33
Total				2081			79,22			39,84			7,46			3,35			11,35

ANEXO 3

TABELA I: FITOMASSA DE FOLHAS DE SERAPILHEIRA NAS TRÊS TIPOLOGIA FLORESTAIS ESTUDADAS (kg/ha)

	Tipologia	INICIAL			MÉDIA			AVANÇADA		
	Especie	<i>Ilex theezans</i>	<i>Ocotea pulchella</i>	<i>Andira anthelminthica</i>	<i>Ilex theezans</i>	<i>Ocotea pulchella</i>	<i>Andira anthelminthica</i>	<i>Tapirira guianensis</i>	<i>Ocotea pulchella</i>	<i>Andira anthelminthica</i>
Data de coleta	8\10\04	314,20	4,36	0,84	365,44	4,88	6,34	111,8	17,3	6,58
	28\10\04	298,72	5,58	4,50	324,38	4,88	10,82	71,84	15,1	15,62
	18\11\04	231,74	4,22	2,18	159,66	3,8	7,44	27,5	13,6	15,74
	9\12\04									
	28\12\04	344,66	17,08	20,70	454,74	20,2	184,04	10,36	53,02	87,24
	21\01\05	127,30	30,28	16,72	116,58	66,4	191,82	15,14	96,58	53,22
	11\02\05	37,54	19,44	0,92	139,76	14,42	50,08	16,14	61,74	18
	3\03\05	32,60	10,58	0,48	110,26	6,8	6,44	6,18	28,16	6,06
	26/03/05	24,74	2,68	0,26	116,14	2,56	4,3	4,88	11,54	2,16
	18/04/05	23,60	1,08	0,01	127,96	4,4	0,78	4,54	1,84	0,54
	05/05/05	16,58	0,70	0,28	59,08	0,62	2	4,8	3,84	0,48
	25/05/05	24,76	1,08	1,36	47,5	2,14	2,74	7,72	5,72	0,8
	21/06/05	28,48	0,80	0,01	74,8	3,22	2,28	7,76	7,62	0,3
	11/07/05	18,67	0,75	1,17	61,76	2	0,01	10,1	6,96	0,38
	05/08/05	32,51	3,44	0,01	62,64	1,28	3,14	9,12	8,42	0,52
	24/08/05	92,04	3,90	0,50	212,74	4,14	8,1	63,58	14,34	5,04
	16/09/05	109,60	3,15	1,92	216,44	3,58	20,5	155,5	15,58	4
	Total	1.757,73	109,11	51,86	2.649,88	145,32	500,83	526,96	361,36	216,68