VARIAÇÃO SAZONAL E REDISTRIBUIÇÃO DE BIOELEMENTOS DE QUATRO ESPÉCIES ARBÓREAS EM TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS DA FLORESTA ATLÂNTICA DO PARANÁ

Celsa Zanuncio Protil[1], Renato Marques[2], Roberto Max Protil[3]

[1]Engª. Florestal, Drª., Depto. de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - celsa.protil@hotmail.de
[2]Eng. Florestal, Dr., Depto. de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - rmarques@ufpr.br
[3]Eng. Agrônomo, Dr., PUCPR, Curitiba, PR, Brasil - roberto.protil@pucpr.br

Recebido para publicação: 30/08/2007 – Aceito para publicação: 11/11/2008

Resumo

Este trabalho teve por objetivo analisar a variação sazonal e a redistribuição de bioelementos em folhas verdes e folhas de serapilheira de quatro espécies arbóreas em três tipologias florestais (Inicial, Média e Avançada) da Floresta Atlântica, que se distinguem pela idade, diversidade florística e estrutura fitossociológica. Foram pesquisados os teores de bioelementos em folhas verdes e em folhas de serapilheira de *Andira anthelminthica*, *Ocotea pulchella*, *Ilex theezans* e *Tapirira guianensis*. Para folhas, os teores de N, P e K tenderam a aumentar com a idade da tipologia, e os teores de Ca, Mg e Na apresentaram tendência a maiores valores na tipologia Inicial. *Andira* apresentou os maiores teores médios de N e P, *Tapirira* o maior teor médio de Ca e *Ilex* o maior teor médio de Na. Para folhas de serapilheira, os mais altos teores de N foram encontrados em *Andira* e os menores em *Ilex*. Comportamento semelhante foi observado para P e K. O elemento Ca teve comportamento inverso, com teores bem próximos ou superiores aos encontradas nas folhas, conforme observado para *Ilex*, *Andira e Ocotea*. Ocorreu redistribuição interna de N, P, K e Na antes da abscisão foliar, enquanto Ca e Mg não foram redistribuídos.

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

Abstract

Nutrients seasonal variation and redistribution of four tree species in three forest typologies of the Atlantic Forest in Paraná State, Brazil. The purpose of this study was to analyze the seasonal variation and redistribution of nutrients in green leaves and litterfall of different tree species of the Brazilian Atlantic Forest. It was determined the elements concentration of *Andira anthelminthica*, *Ocotea pulchella*, *Ilex theezans* and *Tapirira guianensis* in three forest typologies (Initial, Intermediary and Advanced). The forest typologies are distinguished by age, flora diversity and stand structure. The concentration of N, P and K tended to increase with forest age in green leaves and the concentration of Ca, Mg and Na presented the highest values in the Initial typology. The highest average concentration of elements was: N and P in *Andira*; Ca in *Tapirira* and Na in *Ilex*. For litterfall the highest concentration of N was found in *Andira* and the lowest in *Ilex*, and a similar behavior was observed for P and K. The element Ca showed a contrary behavior from those observed for *Ilex*, *Andira* and *Ocotea*, with well next or superior concentration of that found in green leaves. It was observed an internal redistribution of N, P, K and Na before the leaves fall but no redistribution for Ca and Mg.

Keywords: Atlantic forest; “restinga” forest; nutrient cycling; litterfall.

INTRODUÇÃO

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; 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 deles 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 serapilheira é a principal via de transferência de nutrientes das plantas para o solo em ecossistemas florestais. Assim, o estudo da ciclagem de nutrientes minerais por essa via é fundamental para se conhecer a dinâmica de funcionamento desses ecossistemas. 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 e em seu conteúdo de nutrientes, e são responsáveis pela maior parte da transferência anual de nutrientes ao solo. Por essas características, apresentam-se como a fração mais adequada para 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). Espécies leguminosas, por exemplo, tendem a produzir maior quantidade de serapilheira, devido à sua característica de crescimento rápido, maior eficiência na utilização dos nutrientes extraídos do solo e maior capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico (N2) em comparação com outras espécies (SCHUMACHER *et al.*, 2003).

Parte dos elementos N, P, K e Mg, presentes nas folhas maduras, são redistribuídos dentro da planta antes de sua abscisão; Ca, por ser pouco móvel, permanece nas folhas maduras da planta (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 seu desenvolvimento. Por isso, à medida que aumenta a produção de biomassa e o solo não é capaz de suprir as necessidades em nutrientes às plantas, a taxa de redistribuição dos elementos móveis deve também aumentar (REIS; BARROS, 1990).

Devido à facilidade de acesso, as áreas originalmente cobertas pela Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, localizadas no estado do Paraná, foram bastante destruídas e substituídas por cultivos agrícolas e/ou sofreram a exploração das espécies florestais de maior valor. Atualmente, parte dessas áreas encontra-se restrita a fragmentos de floresta secundária, em áreas de preservação.

Apesar de bastante explorada, muito pouco se conhece sobre a importância das diferentes espécies arbóreas que compõem essa floresta para a manutenção do ecossistema como um todo.

Conhecer a dinâmica de funcionamento e a contribuição de espécies vegetais para os ecossistemas florestais, no que diz respeito à ciclagem de nutrientes, é indispensável para orientar a proteção dos últimos remanescentes florestais. Ajuda, também, a subsidiar técnicas de manejo visando a recomposição de áreas degradadas que, por motivos diversos, como o empobrecimento das propriedades físico-químicas do solo, a queda na quantidade e no poder de germinação das sementes e as condições inadequadas de luminosidade, entre outros, poderia levar esse sistema a uma recuperação muito lenta e, possivelmente, à perda de muitas espécies originalmente presentes.

O presente trabalho teve como objetivo estudar a variação sazonal dos teores dos bioelementos N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio) e Na (sódio) em folhas verdes e em folhas de serapilheira de quatro espécies arbóreas, nas quatro estações do ano, e estimar a redistribuição dos bioelementos para cada espécie, em três tipologias florestais (Inicial, Média e Avançada) da Floresta Atlântica na planície litorânea do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização, clima e solo da área experimental

Este estudo foi realizado na Floresta Estadual do Palmito, que é uma Unidade de Conservação administrada pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), localizada no município de Paranaguá-PR, entre as coordenadas 25º34’/25º35’40” Sul e 48º33’44”/48º31’12” Oeste de Greenwich. A vegetação da área

era originalmente de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, estando atualmente em processo de regeneração natural.

A faixa litorânea do estado do Paraná apresenta clima classificado como Af, segundo a classificação de Köppen, que se caracteriza como clima tropical chuvoso, sem estação seca. 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 ºC, sendo de 24,9 ºC a média do mês mais quente e de 17 ºC a média do mês mais frio. A precipitação média anual é de 1976,4 mm, com distribuição uniforme ao longo do ano (MAACK, 1981).

O solo das três tipologias florestais foi classificado como ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico, de textura arenosa (Tabela 1) e baixa saturação por 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.

Table 1. Soil texture in the 0–8 cm soil depth for Initial, Intermediary and Advanced forest typologies of the Palmito State Forest.

Tipologia Florestal	% Areia	% Silte	% Argila
Inicial	84	12	4
Média	84	12	4
Avançada	78	19	3

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.

Table 2. Chemical characteristics of the 0–5 cm soil depth for Initial, Intermediary and Advanced forest typologies of the Palmito State Forest.

Tipologia florestal	pH $CaCl_2$	Al^{+3}	$H+Al^{+3}$	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}	SB	T	P mg/dm^3	C g/dm^3	V %	m %	Ca/Mg	Argila g/kg
		cmol$_c$/dm^3												
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 (dados não publicados).

Vegetação da área experimental

Na área estudada foram selecionadas três tipologias florestais caracterizadas por diferentes idades e estrutura fitossociológica, sendo denominadas (ano base 2006) de: Inicial (24 anos), Média (37 anos) e Avançada (62 anos). Foram selecionadas as três espécies arbóreas com o mais alto índice de valor de importância (IVI) nas referidas tipologias. Dentro das tipologias florestais Inicial e Média foram selecionadas as espécies *Ilex theezans*, *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella.* Dentro da tipologia florestal Avançada foram selecionadas as espécies *Andira anthelminthica*, *Ocotea pulchella* e *Tapirira guianensis.*

A tipologia Inicial (INI) apresenta baixa diversidade florística, com altura média das árvores de 5 m, apresentando troncos de pequeno diâmetro, formando touceiras. Ocorre apenas um estrato arbóreo com clareiras irregulares entre as árvores, rara presença de epífitas e bromélias. O solo é coberto por líquens (*Cladonia* sp.). Nessa tipologia, registraram-se 11 espécies arbóreas, sendo *Ilex theezans*, *Thernstroemia brasiliensis*, *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella* as espécies de maior índice de valor de importância (IVI) (WISNIEWSKI *et al.*, 1997).

A tipologia Média (MED) é bem desenvolvida, com dois estratos arbóreos distintos e um terceiro formando o sub-bosque com muitas bromélias e uma grande quantidade de espécies em regeneração natural. O estrato superior tem em torno de 12,5 m de altura, e o segundo, 8 m de altura. O epifitismo é

bem expressivo, principalmente com bromélias e orquídeas. A floresta é relativamente fechada, sendo rara a presença de clareiras. Observa-se ainda uma camada orgânica cobrindo o solo. Nessa tipologia registraram-se 25 espécies arbóreas, sendo *Ilex theezans*, *Ternstroemia brasiliensis*, *Rapanea venosa* e *Gomidesia fenzliana* as espécies de maior índice de valor de importância (IVI) (WISNIEWSKI *et al.*, 1997).

A floresta da tipologia Avançada (AVA) possui três estratos distintos, densamente povoados com epífitas, como bromélias, orquídeas e cactáceas. As copas das árvores já se interpõem, fechando bastante o dossel, e 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 e polipodiáceas, entre outras. Nessa tipologia registraram-se 38 espécies arbóreas. *Ilex theezans*, tão importante nas duas tipologias anteriores, é rara nessa tipologia. As espécies mais frequentes são *Tapirira guianensis*, *Ocotea aciphylla*, *Ocotea pulchella*, *Andira anthelminthica* e *Euterpe edulis* (WISNIEWSKI *et al.*, 1997).

Instalação do experimento e coleta do material vegetal

Dentro de cada uma das três tipologias florestais, Inicial (INI), Média (MED) e Avançada (AVA), foram demarcadas parcelas de 1000 m^2. Cada parcela foi subdividida em dez subparcelas de 100 m^2, nas quais se concentraram as observações e coletas. Em cada tipologia florestal foram selecionadas cinco árvores por espécie, das quais foram coletadas, a cada estação do ano, ramos com folhas maduras a pleno sol, direcionadas para a face norte. As coletas foram feitas a cada estação (inverno/2003, outono/2004, inverno/2004, primavera/2004 e verão/2005). Os ramos com as folhas coletados foram acondicionados em sacos plásticos e levados ao Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas (LABINP), Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná, onde foram selecionadas as folhas para as análises. Para as espécies com folhas simples (*Ilex theezans* e *Ocotea pulchella*), foram selecionadas folhas a partir do terceiro ou quarto nó, no sentido ápice-base de cada um dos ramos coletados (BOEGER, 2000). Para as espécies com folhas compostas (*Andira anthelminthica* e *Tapirira guianensis*), foram separados o terceiro e quarto folíolos no sentido ápice-base.

A coleta da serapilheira foi feita nas mesmas tipologias florestais selecionadas para a coleta de folhas. Em cada subparcela foram distribuídos 2 coletores, totalizando 20 coletores por área amostrada. A área de cada coletor usado foi de 50 x 50 cm (0,25 m^2), com altura de 50 cm, perfazendo uma área total de coleta de 5 m^2 . Os coletores foram montados com estrutura de PVC e tela de *nylon* de malha de 2 mm. 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. A serapilheira coletada formou uma amostra composta por parcela. Elas foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório para secagem à temperatura ambiente. Posteriormente, separou-se apenas a serapilheira constituída pelas folhas das espécies *Ilex theezans*, *Ocotea pulchella*, *Andira anthelminthica* e *Tapirira guianensis*.

Preparo e análise química do material vegetal

As amostras das folhas verdes maduras e folhas da serapilheira foram acondicionadas em saco de papel e secas em estufa a 60 °C, até peso constante. Em seguida, foram moídas em moinho BOSCH MKM 6003 e, posteriormente, analisadas para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e Na. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição Mineral de Plantas (LABINP) do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR.

A determinação do N foi feita seguindo o método de Kjeldahl. As de P, K, Ca, Mg e Na foram feitas conforme Martins; Reissmann (2007). As leituras de K e Na foram realizadas em espectrofotômetro de emissão. Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, e a determinação de P foi pelo método colorimétrico com vanadato-molibdato de amônio.

Redistribuição de nutrientes das folhas

Com o intuito de se avaliar a redistribuição dos bioelementos N, P, K, Ca, Mg e Na (ciclagem interna) das folhas para as partes mais jovens da planta, utilizaram-se dados já obtidas dos teores dos bioelementos nas folhas verdes e nas folhas de serapilheira. A redistribuição (R) foi estimada conforme Attiwill *et al.* (1978), através da seguinte equação:

R (%) = ((concentração do elemento nas folhas de serapilheira (g/kg) - concentração do elemento nas folhas verdes (g/kg)) / concentração do elemento nas folhas verdes (g/kg))*100

Análise estatística

Para a análise estatística, utilizou-se o software estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versão 10.0. Para análise da composição química do tecido foliar, foi utilizado o teste K-S para verificar a normalidade das amostras, o teste de Levene para testar a homogeneidade de variâncias e o teste de Student na comparação múltipla de médias. Todos os testes consideraram um $p \leq 0,05$. Esses dados foram apresentados graficamente através de um diagrama de extremos (BOX-Plot) modificado. Nesse diagrama, a barra central representa o intervalo de confiança, com $p \leq 0,05$, enquanto os traços superiores e inferiores representam os valores máximos e mínimos observados nas amostras. Os teores de bioelementos nos tecidos foliares 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 $p \leq 0,05$.

Para análise da composição química das folhas de serapilheira, foi utilizado o teste K-S para verificar a normalidade das amostras, o teste de Levene para testar a homogeneidade de variâncias, sendo os dados transformados, quando necessário, para log(x+1), e o teste de Student na comparação múltipla de médias. Todos os testes consideraram um $p \leq 0,05$ Os teores de bioelementos das folhas de serapilheira foram agrupados por espécie e tipologia florestal, para a realização de análises múltiplas de médias para cada bioelemento, através do Teste de Tukey com $p \leq 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teores de bioelementos nas folhas

Os teores de macronutrientes e sódio, determinados nos tecidos foliares das espécies estudadas, nas três tipologias florestais, são apresentados na tabela 3.

De um modo geral, os teores de N, P e K apresentam tendência de aumentar no sentido tipologia florestal Inicial (INI), tipologia florestal Média (MED) e tipologia florestal Avançada (AVA). Já para Ca, Mg e Na, os valores obtidos tenderam a ser maiores na tipologia florestal INI, também sem apresentar, em muitas das comparações, diferenças estatísticas (Tabela 3).

Tabela 3. Teores médios* de bioelementos nas folhas das espécies arbóreas nas três tipologias florestais.
Table 3. Average foliar concentration of nutrients for three forest typologies.

Bioelementos	*Andira anthelminthica*						*Ilex theezans*				*Ocotea pulchella*						*Tapirira guianensis*	
	Inicial		Média		Avançada		Inicial		Média		Inicial		Média		Avançada		Avançada	
	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

Valores, em linha, seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p<0,05$) *Teores médios em g/kg

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 composto por *Ocotea pulchella* (MED e AVA) e *Tapirira guianensis* (AVA); o quarto grupo por *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 3). 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. Os demais valores encontram-se dentro da ordem de grandeza observada por Pinto (2001) e Boeger *et al.* (2005) nas mesmas áreas de estudo e em outros estudos na Mata Atlântica (MORAES; DOMINGOS, 1997; BRITEZ, 1994; CALDEIRA *et al.*, 2007; NASCIMENTO *et al.*, 2007).

A figura 1 apresenta o intervalo de confiança (p <0,05) das amostras para os teores de N ao longo das estações do ano. Para as três tipologias florestais, há uma tendência das espécies de 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/inverno/2004 (INI) encontram-se os mais altos teores de N. Para *Tapirira guianensis*, os maiores teores ocorreram no inverno/2003 e outono/2004. De uma maneira geral, os teores mais elevados de N foram observados no outono e inverno. Esse é um comportamento clássico observado para os elementos móveis como o nitrogênio. Nessas florestas, as folhas das árvores são normalmente emitidas na primavera, crescem e amadurecem durante o verão, atingindo maturidade ao final do verão e/ou início do outono.

Figura 1. Teor de nitrogênio nas folhas (g/kg) das espécies estudadas nas três tipologias florestais, em diferentes estações do ano.

Figure 1. Foliar concentration of nitrogen (g/kg) for three forest typologies in different year season.

Os teores de P variaram de 1,06 g/kg para *Andira anthelminthica* a 0,59 g/kg para *Ilex theezans.* 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); o terceiro por *Ocotea pulchella* (INI e MED), *Tapirira guianensis* (AVA) e *Ilex theezans* (INI e MED) (Tabela 3). Os teores médios, observados para as diferentes espécies, estão dentro da ordem de grandeza já mostrada para várias espécies florestais da Mata Atlântica (MORAES; DOMINGOS, 1997; PINTO, 2001; CALDEIRA *et al.*, 2007; NASCIMENTO *et al.*, 2007) e um pouco superiores aos observados por Boeger *et al.* (2005) nas mesmas florestas deste estudo e por Britez (1994) em duas florestas de restinga na Ilha do Mel, PR.

A figura 2 apresenta o intervalo de confiança (p <0,05) das amostras para teores de P nas diversas estações do ano. É interessante observar que, para todas as espécies, os menores teores de P

ocorreram na primavera, embora sem acusar diferenças (p <0,05) em muitas das observações. Da mesma maneira que foi comentado para o nitrogênio, o fósforo é um elemento móvel e, adicionalmente, é importante fonte de energia para diversos processos metabólicos dentro das plantas. O comportamento descrito com relação às estações do ano sugere a redistribuição desse nutriente para a formação de estruturas reprodutoras, já que as espécies em estudo florescem de agosto a dezembro (LORENZI, 2000 e 2002; MARQUES; OLIVEIRA, 2004). 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).

Figura 2. Teor de fósforo nas folhas (g/kg) das espécies estudadas nas três tipologias florestais, em diferentes estações do ano.

Figure 2. Foliar concentration of phosphorus (g/kg) for three forest typologies in different year season.

Para K, *Andira anthelminthica* apresentou o maior teor médio (4,42 g/kg) e *Ocotea pulchella* o menor teor médio (2,26 g/kg). Quatro grupos estatisticamente distintos foram verificados para o teor 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 *Andira anthelmintica*, *Ilex theezans* e *Ocotea pulchella* (INI e MED) representam o último grupo (Tabela 3). Os teores de K deste trabalho estão próximos daqueles observados por Pinto (2001) e Boeger *et al.* (2005) nas mesmas florestas e por Britez (1994) em florestas de restinga, mas mostram-se inferiores aos teores observados por Moraes; Domingos (1997) e por Moraes *et al.* (2000) em São Paulo. Isso pode ser explicado pela baixa disponibilidade desse elemento na fase mineral dos solos (Tabela 2) de restinga, em comparação com florestas de encostas, sobre solos com mais argila, como é o caso dos dois últimos trabalhos citados. Nos solos arenosos de restinga, as plantas dependem da decomposição da serapilheira para ter esse elemento disponível para a absorção. Isso pode ser observado nos teores foliares de K na tipologia AVA, que tendem a ser superiores aos observados nas tipologias INI e MED, como resultado de

uma camada de serapilheira mais espessa (WISNIEWSKI *et al*., 1997), que teria uma maior reserva de potássio para ser disponibilizada às plantas.

Para *Ilex theezans* e *Ocotea pulchella* nas tipologias florestais INI e MED, os maiores teores médios de K foram observadas no verão. 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 (Figura 3). Da mesma forma como já foi discutido para N e P, K é um elemento móvel dentro das plantas, o que explica os maiores valores, de maneira geral, nas épocas que coincidem com a maturidade das folhas. Mas, dependendo das condições climáticas nos diferentes anos, os teores desse elemento podem encontrar seu ápice seja precocemente no verão, seja ainda, tardiamente, no inverno. Isso seria válido também para o nitrogênio e para o fósforo.

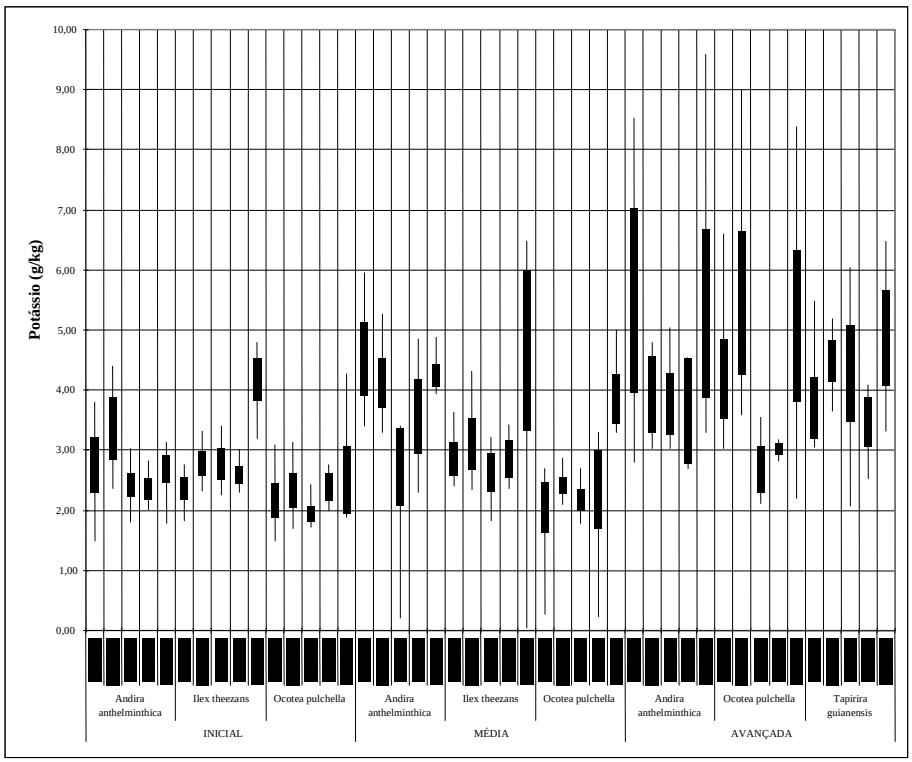

Figura 3. Teor de potássio nas folhas (g/kg) das espécies estudadas nas três tipologias florestais, em diferentes estações do ano.

Figure 3. Foliar concentration of potassium (g/kg) for three forest typologies in different year season.

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). Nascimento *et al*. (2007), estudando a nutrição de *Tapirira guianensis* em Pernambuco, observou valores bem mais baixos de Ca, da ordem de 6,92 g/kg. Altos teores de Ca em *Tapirira guianensis* também foram observados por Boeger (2000) e Pinto (2001) em trabalhos anteriores nas mesmas áreas de estudo. Isso pode ser resultado da grande quantidade de drusas (cristais de oxalato de cálcio) nos tecidos foliares dessa espécie, sendo que esse acúmulo depende de cada espécie (VOLK *et al*., 2002), já que na mesma tipologia florestal ocorrem espécies que não acumulam esses 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. Outra função é 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* foi a que se mostrou mais susceptível ao

ataque por herbivoria. Na ocasião das coletas, era comum observar muitas folhas com significativa área destruída. Tanner; Kapos (1982) observaram na vegetação de floresta altomontana da Jamaica que 76% das espécies arbóreas estudadas apresentavam cristais nas folhas, e relacionaram essa 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 3). Com exceção dos valores observados para a *Tapirira. guianensis*, os teores de Ca observados nas folhas das espécies estudadas ficaram dentro da faixa de concentração já encontrada por Britez (1994) e Boeger *et al.* (2005). Ainda, desconsiderando-se a *Tapirira guianensis*, chamam a atenção os valores mais elevados de Ca observados para as árvores da tipologia INI em comparação com as da tipologia MED. Isso já havia sido destacado no trabalho de Pinto (2001). A *Ilex theezans*, que é a espécie que mostra os maiores teores de Ca e também a que predomina na área de estudo, parece influenciar, através da ciclagem de nutrientes (deposição e decomposição de suas folhas), os teores de Ca das outras espécies. Na tipologia MED, onde o predomínio da *Ilex theezans* é bem menor, os teores de Ca das diferentes espécies, inclusive dela mesma, são relativamente menores.

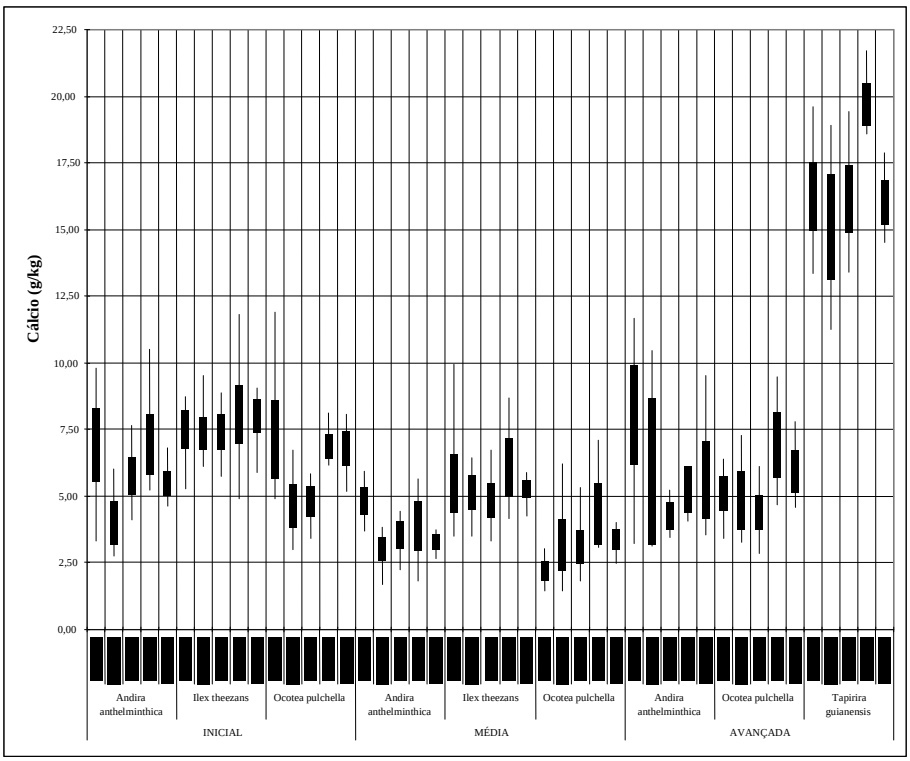

Figura 4. Teor de cálcio nas folhas (g/kg) das espécies estudadas nas três tipologias florestais, em diferentes estações do ano.
Figure 4. Foliar concentration of calcium (g/kg) for three forest typologies in different year season.

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 3). Os teores de Mg para *Ilex theezans* e *Tapirira guianensis* foram próximos aos observados por Pinto (2001) e Boeger *et al.* (2005) na mesma área do atual estudo. Já as demais espécies apresentaram teores de Mg bem mais baixos e semelhantes aos

observados por Vitousek; Sanford Júnior (1986) em solos pobres em nutrientes. Para Boeger; Wisniewski (2003), os altos teores de Mg no tecido foliar podem estar relacionados à sua disponibilidade 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. A ciclagem de Mg, diferentemente do que foi observado para Ca, pelo fato de o magnésio ser muito solúvel e facilmente lixiviável, seria insuficiente para influenciar os teores dos elementos foliares das outras espécies na tipologia INI. Com relação à variação entre as estações, não se observou padrão definido para o teor desse elemento (Figura 5).

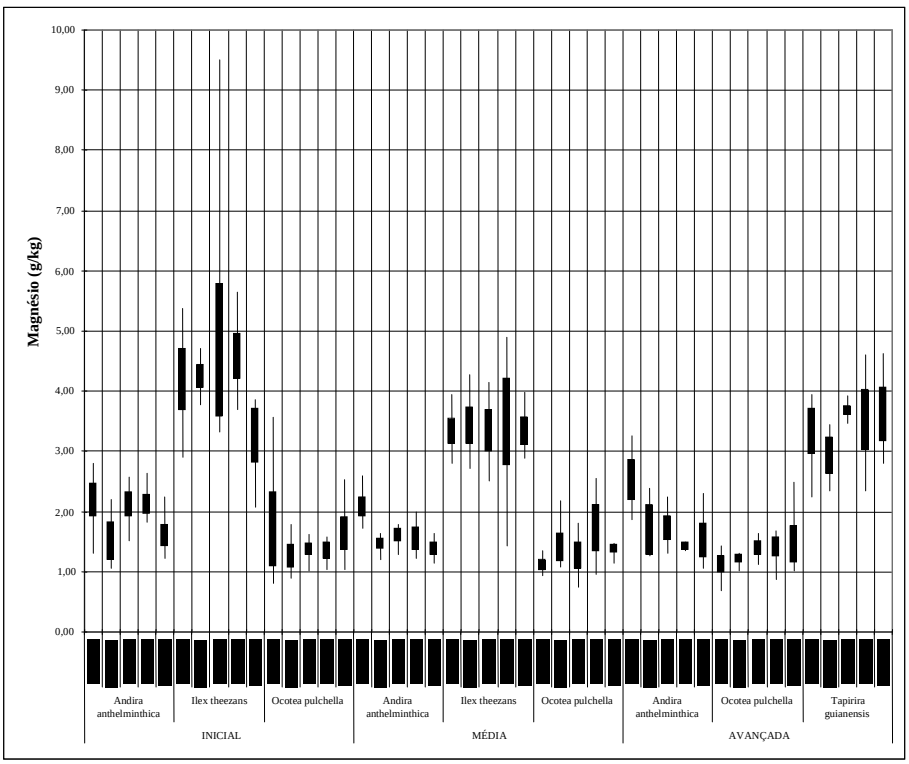

Figura 5. Teor de magnésio nas folhas (g/kg) das espécies estudadas nas três tipologias florestais, em diferentes estações do ano.

Figure 5. Foliar concentration of magnesium (g/kg) for three forest typologies in different year season.

A *Ilex theezans* apresentou o maior valor médio de Na (5,7 g/kg) e *Andira anthelminthica* o menor (0,64 g/kg). Para Na, foram observados quatro grupos estatisticamente distintos (Tabela 3). 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). Observou-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. Os altos teores de Na, principalmente nos tecidos foliares de *Ilex theezans*, podem ser explicados, 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 baixos 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 desse elemento em folhas de florestas tropicais na Amazônia Central, porém, não conseguiu identificar a sua origem. Epstein; Bloom (2006) afirmam que algumas espécies, principalmente aquelas adaptadas a solos salinos com altas concentrações de sódio, podem usar esse sal para substituir o potássio como regulador osmótico. *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. Da mesma forma que observado para Mg, nenhum padrão definido ficou evidenciado para a concentração desse elemento entre as estações do ano (Figura 6).

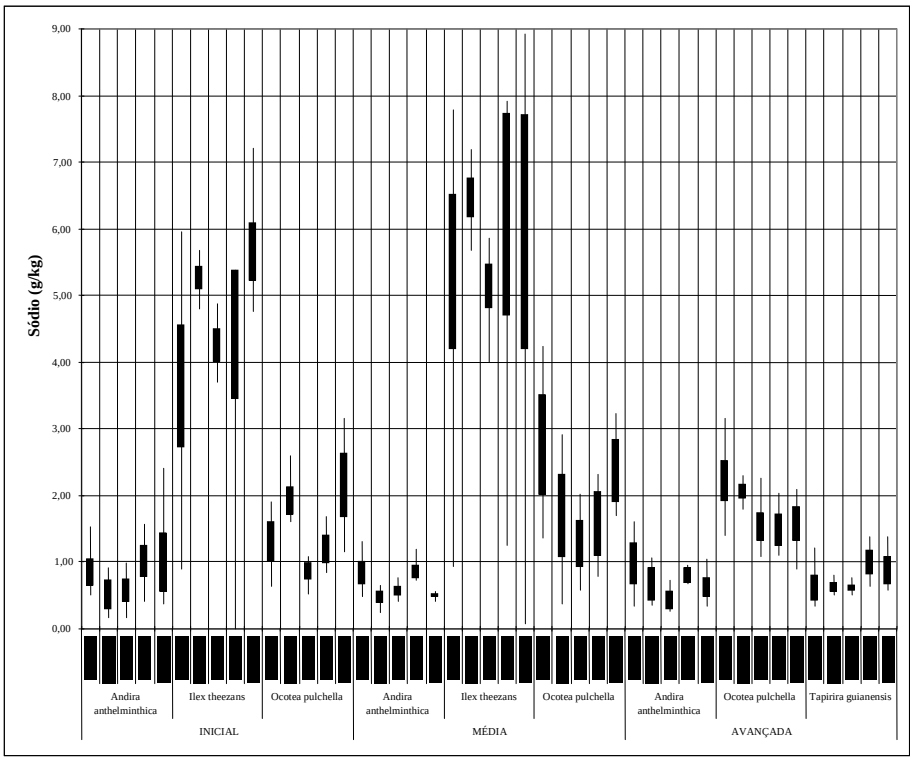

Figura 6. Teor de sódio nas folhas (g/kg) das espécies estudadas nas três tipologias florestais, em diferentes estações do ano.

Figure 6. Foliar concentration of sodium (g/kg) for three forest typologies in different year season.

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

Andira anthelminthica: N>Ca≥K≥Mg≥P=Na
Ocotea pulchella: N>Ca ≥K≥Na=Mg≥P
Ilex theezans: N>Ca≥Na≥Mg≥K>P
Tapirira guianensis: Ca=N>K=Mg>P=Na

Teores de bioelementos nas folhas de serapilheira

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 4). Observando-se os dados obtidos para cada espécie nas diferentes estações, notam-se 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, que apresentaram os menores teores de P na primavera. As variações sazonais nos teores de K foram identificadas por Silva (1984), Domingos *et al.* (1990), Cesar (1993b), Cunha *et al.* (1993), Britez (1994) e Pinto (2001), que indicam a lixiviação desse elemento, pela precipitação, como o principal fator dessa 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 Britez *et al.* (1992) em floresta

com araucária no Paraná, por Cesar (1993b) em floresta semidecídua em São Paulo e por Koenig *et al.* (2002) em floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul. As concentrações dos macronutrientes e do sódio nas folhas de serapilheira seguiram a seguinte ordem decrescente:

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

Para os macronutrientes, a sequência 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). Outros estudos observaram a sequência Ca>N>K>Mg>P (KOENIG *et al.*, 2002). Trabalhos realizados por Britez (1994), Pinto (2001), Custódio Filho *et al.* (1996) e Scheer (2006), em Floresta Atlântica, mostraram a seguinte sequência decrescente de teores de macronutrientes: N>Ca>K>Mg>P. Já Moraes; Domingos (1997) observaram a sequência N>Ca>Mg>K>P em Floresta Atlântica de encosta e Ca>N>Mg>K>P em floresta de restinga. Os autores acreditam que essa maior concentração de Ca na restinga pode estar relacionada ao escleromorfismo dessa 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 Inicial.

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, na qual 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 estatisticamente superiores aos da tipologia florestal MED, e para *Ocotea pulchella* o teor de Ca na tipologia florestal MED foi estatisticamente inferior aos das duas outras tipologias.

Comparando-se os teores médios para as diferentes espécies nas três tipologias florestais, observa-se para N três grupos estatisticamente distintos: o primeiro grupo, com os maiores teores, é 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, ou seja, *Andira anthelminthica* nas tipologias MED e AVA apresenta teores de N estatisticamente superiores aos das demais espécies nas três tipologias em estudo (Tabela 4).

Para P, não se observaram 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. Os maiores valores de K encontrados na serapilheira de *Ilex theezans* podem estar relacionados com a esclerofilia de suas folhas (BOEGER, 2000), o que dificultaria a sua decomposição, enquanto que o oposto observado para *Ocotea pulchella* estaria relacionado com o pequeno tamanho de suas folhas, portanto mais suscetíveis à decomposição e perda de nutrientes.

Cálcio (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 esse elemento. Altos teores de Ca também foram observados em folhas de *Tapirira guianensis*. Esse 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 o último grupo formado pelas espécies *Andira anthelminthica* (nas três tipologias), *Ocotea pulchella* (MED) e *Ilex theezans* (MED). Esse padrão observado para a serapilheira, de uma maneira geral, coincide com o padrão já observado para as folhas, o que está coerente com baixa mobilidade do cálcio.

O magnésio (Mg) apresentou três grupos estatisticamente distintos: o primeiro, que apresentou o maior teor desse elemento, é formado por *Ilex theezans* (INI); o segundo é formado por *Ilex theezans* (MED); e o terceiro 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). Para esse elemento, o padrão observado para a serapilheira também se assemelha ao observado para as folhas, com exceção da espécie *Tapirira guianensis* que, no caso das folhas, se apresentava com teores inferiores ao da *Ilex theezans*, mas superiores aos das demais espécies.

Tabela 4. Teores médios de macronutrientes e sódio nas folhas de serapilheira em g/kg.
Table 4. Macronutrients and sodium average concentration in litter fall (g/kg).

Espécie Florestal	Tipologia Florestal	Estação	mm	N	P	K	Ca	Mg	Na
Andira anthelminthica	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
Ilex theezans	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	2,04	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
Ocotea pulchella	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	1,44	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
Tapirira guianensis	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

* Letras iguais nas colunas indicam que a concentração do elemento analisado não difere estatisticamente em 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 ($p \leq 0,05$).

O sódio (Na) apresentou apenas dois grupos estatisticamente distintos, sendo os maiores teores observados para *Ilex theezans* (INI e MED) formando o primeiro grupo, e *Ocotea pulchella* (nas três tipologias florestais), *Andira anthelminthica* (nas três tipologias florestais) e *Tapirira guianensis* (AVA) formando o segundo e último grupo. Também para Na, o padrão observado nas folhas se repete na serapilheira, ou seja, *Ilex theezans*, espécie tipicamente pioneira, adaptada às condições de elevada disponibilidade de Na e com folhas mais esclerófilas, mostra valores de Na superiores aos das demais espécies estudadas.

Foram observados altos teores de Ca, Mg e Na na tipologia florestal INI, sendo *Ilex theezans* a espécie que mais contribuiu para esse resultado. Nessa tipologia florestal, observaram-se ainda, os mais baixos teores de N e P, excetuando-se as comparações com *Tapirira guianensis* (AVA). Os mais baixos teores de N e P para folhas verdes também foram observados na tipologia florestal INI.

Comparando-se 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 na atual pesquisa foram menores que os teores obtidos por Pinto (2001), e nos teores de Na, que foram muito superiores àqueles registrados por aquela autora, porém mais próximos dos teores observados por Rocha (2006) nessas mesmas tipologias florestais.

O potássio (K) apresentou, com apenas uma exceção, correlação negativa significativa ($p \leq 0,05$) em relação à precipitação pluviométrica, ou seja, quanto maior foi o volume precipitado menor foi o teor desse 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 4). Como as folhas de serapilheira permaneciam por 21 dias no coletor e ficavam, durante esse período, sujeitas à lavagem pela precipitação, provavelmente parte desses elementos foram lixiviados. Cunha *et al*. (1993) observaram menores teores de K na serapilheira no período de maior precipitação e os maiores teores de K no período de menor precipitação. Segundo Arcova; Cicco (1987), esse comportamento do K é esperado, já que ele se encontra na forma iônica dentro das plantas, sendo, portanto, altamente susceptível ao processo de lixiviação.

O cálcio (Ca) apresentou correlação positiva significativa ($p \leq 0,05$) com a precipitação pluviométrica, excetuando-se *Tapirira guianensis* (AVA). Como esse 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 desse elemento. P e Mg também apresentaram, para a maioria das observações, correlação positiva com a precipitação ($p \leq 0,05$). Conforme Eaton *et al*. (1973), embora o fósforo seja de grande mobilidade na planta, por estar associado a moléculas orgânicas é menos susceptível à lixiviação. A correlação positiva, por outro lado, pode estar associada à perda de carboidratos solúveis das folhas, que seria maior quanto maior a precipitação, e, por consequência, contribuiria para elevar os teores de Ca, Mg e P, que não seriam lixiviados (Tabela 4).

Redistribuição de bioelementos das folhas

Na Tabela 5 são mostrados os percentuais estimados da redistribuição dos bioelementos dos tecidos das folhas 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. A redistribuição de nutrientes de folhas senescentes e de outras partes da planta, antes da abscisão, permite que a planta use sucessivamente a mesma unidade do elemento na formação de novas folhas e de outras partes da planta (CLARK, 1977) e constitui uma fonte de nutrientes constante (REIS; BARROS, 1990).

As percentagens de N, P e K redistribuídas são bastante expressivas e confirmam a grande mobilidade desses nutrientes dentro da planta, fenômeno bastante enfatizado na literatura (MENGEL; KIRKBY, 1987; REIS; BARROS, 1990; LEITE, 1996). Já para Mg, só ocorreu redistribuição em *Tapirira guianensis*, na tipologia florestal AVA. A não redistribuição do Mg pelas três outras espécies pode estar relacionada à suficiente disponibilidade desse elemento no solo para as espécies em questão. Cabe lembrar também que a metodologia usada permitiu obter apenas uma estimativa da redistribuição. Assim, para os elementos cuja redistribuição não é tão expressiva, essa metodologia pode não ser suficiente para identificar o processo.

Tabela 5. Estimativa do percentual de bioelementos redistribuídos das folhas de quatro espécies arbóreas, no verão e no inverno, em três tipologias florestais.

Table 5. Nutrients redistribution estimation for four tree species, during winter and summer, in three forest typologies.

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

NOTA: * Dados fornecidos por ROCHA (2006).

Para Ca, apenas a *Tapirira guianensis*, no verão de 2005, apresentou valor negativo (-7,80%), indicando que houve pequena redistribuição desse elemento. A não redistribuição do Ca em todos os demais casos confirma os resultados obtidos por outros autores, como Attiwill *et al.* (1978), Caldeira *et al.* (1999), Pinto (2001) e Baliero *et al.* (2004). Como o Ca está associado à lignificação 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 desse elemento. *Ilex theezans* (INI e MED) e *Ocotea pulchella* (INI, MED e AVA) apresentaram os maiores percentuais de Na redistribuídos. Nessas duas espécies foram observados também os maiores teores do referido elemento em folhas. 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.

A sequência 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. Baliero *et al*. (2004), em *Acacia mangium*, reporta a ordem P>K>N>Mg. Pinto (2001), em folhas de espécies arbóreas da Floresta Atlântica, encontrou a sequência 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 5). Provavelmente, a maior redistribuição de N na tipologia florestal INI seria uma estratégia para otimizar o uso desse elemento pelas plantas. Isso é bastante compreensível nesse ambiente, em que a disponibilidade de N no solo é muito baixa, devido à falta de um reservatório desse elemento na forma de matéria orgânica. 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 – 72,63, 68,27 e 79,27%,

respectivamente 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 as estações para todas as espécies. *Andira anthelminthica* (INI) e *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 nessa época para a formação e crescimento de novas folhas, raízes e ramos, por exemplo. Como observado, principalmente para *Andira anthelminthica* e *Ocotea pulchella*, as maiores deposições de serapilheira de folhas aconteceram no verão (dados não apresentados), coincidindo com o aumento da redistribuição de P e de N para essas espécies. Adicionalmente, sobretudo no caso do P, haveria grande demanda desse 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.

CONCLUSÕES

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

Os teores dos bioelementos nas folhas verdes e folhas de serapilheira 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.

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

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 da *Andira anthelminthica*, destacando-se pelos elevados teores de N nas folhas verdes e de serapilheira.

REFERÊNCIAS

ARCOVA, F. C. S.; CICCO, 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.

ATTIWILL, P. M.; GUTHRIE, H. B.; LEUNING, R. Nutrient cyclingin 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 serapillheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Wild. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.

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**. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000..

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**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 61-72, 2003.

BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C.; REISSMANN, C. B. Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa no sul do Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, Porta Alegre, v. 19, n. 1, p. 167-181, 2005.

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**. 240 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; WATZLAWICK, L. F.; SOARES, R. V. Determinação e identificação dos teores de macronutrientes nas espécies arbóreas de uma Floresta Ombrófila Mista Montana/General Carneiro Paraná. **Ambiência**, Guarapuava, v. 3, p. 211-239, 2007.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; PEREIRA, J. C.; DELLA-FLORA, J. B.; SANTOS, E. M. dos. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folhedo 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.

CESAR, O. Produção de serapilheira na Mata Mesófila Semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 53, n. 4, p. 659-669, 1993a.

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

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

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 do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 1-16, 1996.

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**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 47-58, 1990.

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.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. 2. ed. [S.l.]: Planta, 2006.

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.

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.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR**)**. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina, 1978.

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

KLINGE, H. Preliminary data on nutrient release from decomposing leaf litter in a neotropical rainflorest. **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.

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, MG, v. 26, n. 4, p. 429-435, 2002.

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

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

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

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

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.; 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.

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**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 713-723, 2004.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

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

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.

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

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bem: International Potash Institute, 1987, 687 p.

MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C.; MORAES, J. A. P. V. Respostas de indivíduos jovens de *Tibouchina pulchra* Cogn. à poluição aérea de Cubatão, SP: fotossíntese líquida, crescimento e química foliar. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 443-449, 2000.

MORAES, R. M.; DOMINGOS, M. Elementos minerais em folhas de espécies arbóreas de Mata Atlântica e Mata de Restinga, na Ilha do Cardoso, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 133-138, 1997.

NASCIMENTO, S. M. do; COSTA, J. de C. de A.; BARRETO, L. P.; BEZERRA NETO, E.; PASSOS, M. A. A.; RIBEIRO, J. de S. Composição mineral em diferentes órgãos da cupiúva (*Tapirira guianensis* Aubl.) em parte da Floresta Atlântica em Goiana, PE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 2, p. 128-134, 2007.

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

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: RELAÇÃO solo-eucalipto. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990, 330 p.

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

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

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, MG, 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**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SILVA, M. F. F. Produção annual 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.

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

TANNER, E. V. J.; KAPOS,V. Leaf struture of Jamaican upper montane rain-forest trees. **Biotropica,** Saint Louis, v. 14, n. 1, p. 16-24, 1982.

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

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

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

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.