

CICLAGEM DE NUTRIENTES EM DOIS TRECHOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NA RESERVA FLORESTAL MATA DO PARAÍSO EM VIÇOSA, MG, BRASIL¹

Sheila Isabel do Carmo Pinto², Sebastião Venâncio Martins³, Nairam Félix de Barros⁴ e Herly Carlos Teixeira Dias³

RESUMO – Dois trechos de Floresta Estacional Semidecidual, em distintos estádios sucessionais (inicial e maduro), da região de Viçosa, MG, foram estudados com o objetivo de quantificar a produção anual e o conteúdo de N, P, K, Ca e Mg da serapilheira, bem como caracterizar a dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes desse compartimento e a eficiência anual de utilização dos nutrientes. A queda anual de serapilheira foi de 6.310 kg.ha⁻¹ no trecho de floresta em seu estágio inicial e de 8.819 kg.ha⁻¹ no de floresta madura. O conteúdo de nutrientes foi de 137 e 180 kg.ha⁻¹ de N, 5 e 8 kg.ha⁻¹ de P; 17 e 45 kg.ha⁻¹ de K; 89 e 179 kg.ha⁻¹ de Ca; e 21 e 26 kg.ha⁻¹ de Mg, nos trechos de floresta nos estádios inicial e maduro, respectivamente. A quantidade média de serapilheira acumulada sobre o solo totalizou 4.647 kg.ha⁻¹ no trecho de floresta inicial e 7.006 kg.ha⁻¹ na floresta madura. A estimativa média da taxa instantânea de decomposição (K) foi de 1,36 no trecho de floresta inicial e de 1,26 na floresta madura, sendo o tempo médio de renovação da serapilheira de 270 e 288 dias, respectivamente. A menor produção de serapilheira na floresta inicial reflete, em parte, a estrutura menos desenvolvida desse trecho de floresta em estágio inicial de sucessão, com produção de serapilheira de qualidade inferior à da floresta madura, no entanto com renovação mais rápida e utilização mais eficiente dos nutrientes.

Palavras-chave: Serapilheira, estádios sucessionais e decomposição.

NUTRIENT CYCLING IN TWO SITES OF SEMIDECIDUOUS FOREST IN MATA DO PARAÍSO FOREST RESERVE IN VIÇOSA, MG, BRAZIL

ABSTRACT – A Semideciduous Seasonal Forest in different successional stages (initial forest and mature forest), in Viçosa, Minas Gerais State, in the southeast region of Brazil, was studied aiming at quantifying litter annual production, decomposition, N, P, K, Ca, and Mg contents and use efficiency. The annual litter production was 6,310 kg.ha⁻¹ for the initial forest and 8,819 kg.ha⁻¹ for the mature forest. Nutrient annual deposition in the litter was estimated at 137 and 180 kg.ha⁻¹ N, 5 and 8 kg.ha⁻¹ P, 17 and 45 kg.ha⁻¹ K, 89 and 179 kg.ha⁻¹ Ca, 21 and 26 kg.ha⁻¹ Mg for the initial forest and mature forest, respectively. The average forest floor biomass was 4,647 kg.ha⁻¹ for the initial forest and 7,006 kg.ha⁻¹ for the mature forest. The instantaneous decomposition rate (k) was estimated at 1,36 for the initial forest and 1,26 for the mature forest, with a turn over time of 270 and 288 days, respectively. The smallest litter production in the initial forest reflects the less developed structure in the site of forest in initial successional stage, with litter production of lower quality compared to the mature forest, but with faster renovation and efficient use of the nutrients.

Keywords: Litterfall, successional stages and decomposition.

¹ Recebido em 26.12.2007 e aceito para publicação em 29.05.2009.

² Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: <sheilaicp@yahoo.com.br>.

³ Departamento de Engenharia Florestal da UFV. E-mail: <venancio@ufv.br>.

⁴ Departamento de Solos da UFV. E-mail: <nfbarras@ufv.br>.

1. INTRODUÇÃO

A ciclagem de nutrientes é um processo de suma importância para o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade das florestas naturais (MORAES et al., 1999). O estudo da ciclagem de nutrientes é fundamental para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais (VITAL et al., 2004). Entretanto, cada ecossistema tem sua forma característica de armazenar e reciclar os nutrientes entre seus compartimentos, entre os quais a serapilheira é um dos mais importantes.

A deposição da serapilheira constitui o principal meio de transferência de matéria orgânica e elementos minerais da vegetação para a superfície do solo (VITOUSEK e SANFORD, 1986). A análise da quantidade e qualidade da serapilheira e de sua taxa de decomposição permite entender o fluxo de energia, a produtividade primária e a ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais (MORAES et al., 1999), por sua estreita relação com a dinâmica da copa e com o crescimento das árvores.

As florestas tropicais, em sua grande maioria, estão situadas sobre solos naturalmente pobres em nutrientes, e a existência e formação de florestas exuberantes e com grande diversidade dependem do equilíbrio do ciclo dos nutrientes (POGGIANI, 1982; DURIGAN et al., 1996). A dinâmica sucessional das florestas secundárias tropicais está estreitamente relacionada com a ciclagem de nutrientes no ecossistema.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar eventuais diferenças na ciclagem de nutrientes em dois trechos de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Florestal Mata do Paraíso, no Município de Viçosa, MG, por meio da quantificação da produção anual de serapilheira e conteúdo de N, P, K, Ca e Mg, caracterização da dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes desse compartimento e da eficiência anual de utilização dos nutrientes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização das áreas de estudo

O estudo foi conduzido na Reserva Florestal Mata do Paraíso (20°48'07''S e 42°51'31''W), pertencente à Universidade Federal de Viçosa, que possui 195 ha e altitude variando de 690 a 800 m e está localizada no Município de Viçosa, Zona da Mata de Minas Gerais (BRAZ et al., 2002). O clima na região é do tipo Cwb

(mesotérmico, úmido com verões chuvosos e invernos secos), segundo a classificação de Köppen, apresentando déficit hídrico no período de maio a setembro e excedente de precipitação entre dezembro e março (GOLFARI, 1975). A temperatura média anual é de 21,8 °C e a precipitação pluviométrica média anual de 1.314 mm (CASTRO et al., 1973). A vegetação da reserva é composta por trechos de Floresta Estacional Semidecidual (VELOSO et al., 1991), formando um mosaico florestal, em função de diferentes épocas e graus de intervenção (LEAL-FILHO, 1992). Nos topos e encostas dos morros ocorre o Latossolo Vermelho-Amarelo álico, enquanto nos terraços o solo é um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico (MEIRA-NETO, 1997).

Os trechos escolhidos para este estudo situam-se em solos e posições topográficas diferentes, apresentando diferentes históricos de perturbação e regeneração, sendo caracterizados por Silva-Júnior et al. (2004). Um desses trechos, denominado nesta pesquisa floresta inicial, situa-se no terço superior de uma encosta, composto por Latossolo Vermelho-Amarelo, e encontra-se em processo de regeneração florestal em pastagem de *Melinis minutiflora* P. Beauv. desde 1963. O outro trecho de floresta, denominado floresta madura, constitui um núcleo de floresta bem preservado, situado em área de baixada, sendo composto por solo Podzólico Vermelho-Amarelo, estando livre de distúrbios antrópicos nas últimas quatro décadas.

A caracterização da vegetação foi realizada por meio do levantamento fitossociológico de todos os indivíduos arbustivo-arbóreos com diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) \geq 4,8 cm presentes na área de 0,6 ha (10 parcelas de 10 x 30 m em cada trecho de floresta) (Tabela 1). A caracterização dos solos das florestas inicial e madura foi realizada por meio de oito amostras simples, obtidas em cada parcela, que constituíram uma amostra composta de solo coletada na profundidade de 0-20 cm por parcela.

2.2. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes

Para avaliar a produção de serapilheira nas florestas inicial e madura, foram utilizados 10 coletores de 1 m², com fundo em tela de náilon com malha de 1 x 1 mm, em cada trecho estudado, totalizando, assim, 20 coletores. Esses coletores foram distribuídos no centro das parcelas (10 x 30 m) e colocados a 20 cm acima da superfície do solo, permanecendo distantes entre si em 20 m. O material interceptado pelos coletores

foi recolhido regularmente em intervalos de 30 dias entre novembro/2003 e outubro/2004. A serapilheira coletada, após ser submetida à secagem, foi separada nas frações: folhas, flores, frutos/sementes e ramos. As frações foram secas em estufa a 65 °C, e, posteriormente, cada fração foi pesada em balança analítica.

As frações da serapilheira foram trituradas em moinho tipo Willey para análise de nutrientes, sendo determinados os teores de N, P, K, Ca e Mg. As análises dos nutrientes foram realizadas no Laboratório de Solos Florestais do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. O N foi determinado pelo método Kjeldahl, descrito por Bataglia et al. (1983); o P por colorimetria (método do complexo fosfomolibdico, reduzido com vitamina C, modificado por Braga e Defelipo (1974)); o K foi dosado em fotômetro de chama; e Ca e Mg, em espectrofotômetro de absorção atômica, após digestão nítrico-perclórica (BATAGLIA et al., 1983).

A eficiência de utilização dos nutrientes foi calculada para os elementos N, P, K, Ca e Mg da serapilheira, estimada por meio da relação entre a biomassa de serapilheira produzida e a quantidade de nutrientes transferidos por essa biomassa (VITOUSEK, 1982).

2.3. Decomposição da serapilheira

A serapilheira acumulada sobre o solo foi estimada em coletas trimestrais, totalizando quatro coletas no decorrer do período experimental, quando foi coletada uma amostra por parcela, utilizando-se um quadrado de madeira de 0,25 m². Para obtenção dessas amostras, foi coletada toda a manta sobre o solo, secando-se o material coletado em estufa a 65 °C.

A taxa de decomposição da serapilheira foi estimada a partir da seguinte equação (OLSEN, 1963):

$$\frac{L}{X_{SS}} = K \quad (1)$$

Na equação (1), L representa a quantidade de serapilheira produzida anualmente, X_{SS} a média anual de serapilheira acumulada sobre o solo e K a constante de decomposição na condição de equilíbrio dinâmico. A partir do K, calcularam-se o tempo médio de renovação, estimado por K⁻¹, e os tempos para o desaparecimento de 50 e 95% da serapilheira, segundo Shanks e Olson (1961):

$$t_{0,5} = \frac{0,693}{K} \quad (2); \quad t_{0,95} = \frac{3}{K} \quad (3)$$

2.4. Decomposição e percentual de mineralização da fração foliar dos litterbags

A taxa de decomposição da fração foliar foi avaliada, colocando-se amostras de folhas recém-depositadas na superfície do solo da floresta em bolsas de decomposição de 1 mm de malha, com dimensões de 20 x 20 cm (ANDERSON e INGRAM, 1996). Em cada trecho de floresta estudado, foram preparadas 20 bolsas de decomposição, depositadas sobre a serapilheira, próximo aos coletores. As coletas das bolsas foram realizadas trimestralmente. Um intercâmbio de bolsas também foi realizado para comparar a interferência do ambiente e da qualidade do material vegetal de cada trecho de floresta na decomposição, sendo recolhidas da mata após 360 dias. O percentual de massa remanescente foi obtido pela diferença entre a massa original (40 g) e a massa seca determinada no final de cada período de decomposição. O material foliar remanescente nas bolsas foi submetido à moagem, sendo os teores dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg determinados pelos métodos já descritos.

Tabela 1 – Caracterização da vegetação das florestas inicial e madura na Reserva Florestal Mata do Paraíso, em Viçosa, MG

Table 1 – Characterization of the vegetation of initial and mature forests in Mata do Paraíso Forest Reserve in Viçosa, MG

	Floresta Inicial	Floresta Madura
Tamanho da área amostrada	0,3 ha	0,3 ha
Número de parcelas amostradas	10 parcelas (10 x 30 m)	10 parcelas (10 x 30 m)
Número de indivíduos amostrados	399	623
Densidade	1330 ind. ha ⁻¹	2077 ind. ha ⁻¹
Área basal	18,4 m ² .ha ⁻¹	38,2 m ² .ha ⁻¹
Número de famílias identificadas	27	31
Número de espécies identificadas	55	78
Índice de diversidade de Shannon	3,31 nat.ind ⁻¹	3,46 nat.ind ⁻¹
Equabilidade de Pielou	0,83	0,79

Fonte: Pinto et al. (2007).



das florestas durante a sucessão ecológica. Em muitas situações de regeneração da floresta, o solo pode apresentar nível de fertilidade mais baixo do que na floresta original, em razão de perdas por diversos processos, como erosão, volatilização, lixiviação e exportação de nutrientes, dependendo do uso e manejo aplicados à área após a retirada da floresta original. Esses processos podem ter ocorrido na floresta inicial, que antes do processo de regeneração foi utilizada para pastagem e plantios de culturas anuais com baixo *input* tecnológico. Os resultados da análise dos solos (Tabela 2) mostraram a grande diferença de fertilidade dos dois trechos de floresta, onde a fertilidade mais baixa da floresta inicial pode ter restringido a produção de serapilheira. As características edáficas distintas apresentadas pelos solos das florestas inicial e madura são importantes, pois indicaram a influência da qualidade do solo no processo de sucessão, podendo acelerar esse processo nos ambientes mais férteis, atingindo mais rapidamente os estádios de maior equilíbrio e sustentabilidade.

Na Tabela 3 são apresentadas as concentrações médias de N, P, K, Ca e Mg da serapilheira coletada

ao longo do ano nas florestas inicial e madura. Não foram encontradas diferenças significativas nos teores de N e Mg das serapilheiras provenientes das florestas inicial e madura. O potássio foi o nutriente que apresentou maior variação temporal em suas concentrações na serapilheira dos dois trechos de floresta estudados. Vital et al. (2004) também encontraram resultados semelhantes quanto às variações na concentração de potássio ao longo do ano ao estudar a ciclagem de nutrientes em uma Floresta Estacional Semidecídua do sudeste brasileiro.

Na Tabela 4 são apresentadas as concentrações médias de N, P, K, Ca e Mg nas frações folhas, ramos e flores, frutos e sementes. Houve diferença significativa nos teores de P, K e Ca dos tecidos foliares e ramos provenientes das florestas inicial e madura. Quanto às concentrações de N e Mg presentes na fração foliar e nos ramos, elas não mostraram diferenças significativas entre a floresta inicial e a floresta madura. Tal comportamento foi semelhante ao da serapilheira, uma vez que essas frações compõem mais de 90% da serapilheira total produzida.

Tabela 2 – Análises química e física dos solos (camada 0-20 cm) e caracterização da vegetação das florestas inicial e madura na Reserva Florestal Mata do Paraíso, em Viçosa, MG

Table 2 – Chemical and physical analyses of soils (depth 0-20 cm) and characterization of the vegetation of initial and mature forests in Mata do Paraíso Forest Reserve in Viçosa, MG

	Floresta Inicial	Floresta Madura	P ¹
	média ± desvio	média ± desvio	
pH em H ₂ O	4,47 ± 0,09	5,38 ± 0,56	0,000**
P (mg.dm ⁻³)	1,43 ± 0,45	2,55 ± 0,94	0,003**
K (mg.dm ⁻³)	38,70 ± 3,02	66,70 ± 19,76	0,000**
Ca (cmol _c .dm ⁻³)	0,814 ± 0,31	5,27 ± 1,78	0,000**
Mg (cmol _c .dm ⁻³)	0,43 ± 0,16	1,45 ± 0,49	0,000**
Al (cmol _c .dm ⁻³)	1,18 ± 0,34	0,17 ± 0,23	0,000**
H + Al (cmol _c .dm ⁻³)	9,11 ± 0,95	4,96 ± 1,85	0,000**
SB (cmol _c .dm ⁻³) ²	1,34 ± 0,42	6,89 ± 2,26	0,000**
t (cmol _c .dm ⁻³) ²	2,52 ± 0,33	7,06 ± 2,07	0,000**
T (cmol _c .dm ⁻³) ²	10,45 ± 0,87	11,85 ± 0,99	0,003**
V (%) ²	12,89 ± 4,12	57,66 ± 16,45	0,000**
m (%) ²	47,13 ± 12,40	3,52 ± 4,95	0,000**
MO (dag.kg ⁻¹) ²	5,62 ± 0,42	7,04 ± 1,07	0,001**
P-rem (mg.L ⁻¹) ²	20,27 ± 1,77	37,95 ± 4,31	0,000**
Areia (%)	38,70 ± 3,23	23,50 ± 13,77	0,003**
Argila (%)	50,30 ± 5,12	55,10 ± 11,32	0,237 ^{NS}
Silte (%)	11,00 ± 5,03	21,40 ± 3,69	0,000**
Umidade (%)	27,11 ± 1,63	48,77 ± 8,94	0,000**

¹As comparações foram efetuadas pelo teste t não pareado (gl = 18), em que: (** significância a 1% de probabilidade; e ^{NS} ausência de significância). ²SB (soma de bases trocáveis), t (capacidade de troca catiônica efetiva), T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0), V (índice de saturação por bases), m (índice de saturação por alumínio), MO (matéria orgânica) e P-rem (fósforo remanescente).

Tabela 3 – Concentração média de macronutrientes na serapilheira das florestas inicial (FI) e madura (FM) ao longo de 12 meses na Reserva Florestal Mata do Paraíso, em Viçosa, MG.**Table 3** – Average concentration of litter macronutrients of initial (FI) and mature (FM) forests during 12 months in Mata do Paraíso Forest Reserve in Viçosa, MG

Mês	N		P		K		Ca		Mg	
	FI	FM	FI	FM	FI	FM	FI	FM	FI	FM
	(g.kg ⁻¹)									
novembro	58,83	63,95	2,38	3,21	8,59	16,45	36,47	57,77	7,42	7,72
dezembro	58,11	64,51	2,07	3,25	5,25	12,17	36,14	47,69	7,46	6,90
janeiro	58,46	65,44	2,33	3,40	6,43	12,51	32,58	49,12	6,80	7,21
fevereiro	59,62	61,05	2,36	3,04	7,21	11,81	32,99	47,92	6,33	6,55
março	62,66	61,83	2,64	3,41	9,37	19,06	31,29	57,78	7,69	7,99
abril	60,63	63,03	2,79	3,44	6,88	16,21	33,08	53,31	7,72	7,51
maio	59,50	62,63	2,62	3,09	7,45	16,75	35,79	51,25	7,92	8,10
junho	64,64	57,87	2,37	3,00	11,31	22,02	36,15	48,21	9,58	7,99
julho	58,46	58,89	2,09	2,92	7,36	15,58	34,42	51,85	8,38	8,53
agosto	55,33	48,75	2,36	2,67	17,28	24,64	35,46	41,90	9,80	8,61
setembro	57,81	51,07	2,38	2,72	19,07	27,82	37,56	44,73	10,39	7,62
outubro	63,74	56,07	3,00	2,67	8,35	17,67	34,60	49,40	7,85	8,22
X ¹	59,83	59,59	2,45	3,07	9,55	17,72	34,71	50,08	8,11	7,75
S ²	2,68	5,32	0,27	0,28	4,33	4,98	1,88	4,71	1,23	0,63
CV (%)	4,5	8,9	11,0	9,2	45,3	28,1	5,4	9,4	15,1	8,1
P ³	0,889 ^{NS}		0,000**		0,000**		0,000**		0,366 ^{NS}	
t ⁴	0,140		-5,489		-4,296		-10,493		0,923	

¹Média. ²Desvio-padrão. ³As comparações foram efetuadas pelo teste t não pareado (gl = 22), sendo: (* significância a 5% de probabilidade; ** significância a 1% de probabilidade; e ^{NS} ausência de significância). ⁴Valor de t.

Tabela 4 – Concentração dos nutrientes nas frações da serapilheira das florestas inicial e madura na Reserva Florestal Mata do Paraíso, em Viçosa, MG**Table 4** – Nutrient concentration in the litter's fractions of initial and mature forests in Mata do Paraíso Forest Reserve in Viçosa, MG

Floresta	N		P		K		Ca		Mg	
	Folhas (g.kg ⁻¹ ± desvio)									
Inicial	23,30±1,45	0,78±0,09			2,93±1,04			14,44±1,45	3,79±0,80	
CV(%)	6,2	11,1			35,6			10,0	21,0	
Madura	24,44±1,95	1,03±0,10			5,84±1,90			20,62±1,38	3,58±0,76	
CV(%)	8,0	10,2			32,6			6,7	21,3	
P ¹	0,116 ^{NS}		0,000**		0,000**		0,000**		0,513 ^{NS}	
t ²	-1,636		-6,439		-4,646		-10,719		0,664	
	Ramos (g.kg ⁻¹ ± desvio)									
Inicial	16,23±1,46	0,45±0,07			1,64±0,83			12,86±1,24	2,05±0,33	
CV(%)	9,0	14,7			50,7			9,7	16,2	
Madura	15,55±1,43	0,64±0,07			3,45±1,37			20,89±3,26	2,14±0,23	
CV(%)	9,2	10,3			39,8			15,6	10,7	
P ¹	0,259 ^{NS}		0,000**		0,000**		0,000**		0,407 ^{NS}	
t ²	1,159		-6,435		-3,889		-7,967		-0,845	
	FFS ³ (g.kg ⁻¹ ± desvio)									
Inicial	20,30±1,67	1,22±0,32			4,97±2,65			7,42±1,36	2,27±0,37	
CV(%)	8,2	25,8			53,2			18,3	16,1	
Madura	19,60±4,33	1,40±0,19			8,44±2,14			8,57±3,30	2,02±0,41	
CV(%)	22,1	13,7			23,3			38,5	20,3	
P ¹	0,603 ^{NS}		0,109 ^{NS}		0,002**		0,275 ^{NS}		0,124 ^{NS}	
t ²	0,527		-1,670		-3,531		-1,118		1,599	

¹As comparações foram efetuadas pelo teste t não pareado (gl = 22), sendo: (* significância a 5% de probabilidade; ** significância a 1% de probabilidade; e ^{NS} ausência de significância). ² Valor de t. ³FFS (flores, frutos e sementes).

As estruturas reprodutivas (flores, frutos e sementes) provenientes das florestas inicial e madura somente diferiram quanto aos teores de potássio, que foi superior na floresta madura.

Os maiores teores de P, K e Ca apresentados pela serapilheira proveniente da floresta madura são compatíveis com a sua maior disponibilidade no solo desse trecho de floresta. As variações nos teores dos nutrientes em diferentes fitofisionomias podem ser devidas à diversidade de substratos e de microclimas, além do fato de haver diferenças na absorção e armazenamento pelas espécies que compõem cada ambiente (PAGANO, 1989).

Na Tabela 5, mostra-se a transferência anual de nutrientes pela queda de serapilheira nas florestas inicial e madura. O retorno total de nutrientes foi de 268,14 e 438,62 kg.ha⁻¹ nas florestas inicial e madura, respectivamente. O nitrogênio é o elemento que apresenta a maior transferência, seguido pelo Ca. Na floresta inicial, a ordem de transferência dos nutrientes via serapilheira foi N>Ca>Mg>K>P, enquanto a floresta madura apresentou a seguinte ordem de transferência dos nutrientes: N>Ca>K>Mg>P, com o fósforo se mostrando como elemento mais limitante nos dois trechos de floresta estudados.

O maior aporte anual de nutrientes oriundos da serapilheira na floresta madura evidencia menor necessidade de mecanismos de conservação desses elementos por parte dessa vegetação. Ecossistemas florestais apresentam grande variação quanto ao teor de nutrientes, sendo essa variação dependente do grau de fertilidade do solo que sustenta a fitofisionomia. Cada ecossistema apresenta ciclagem distinta dos nutrientes, em que os oligotróficos, ao contrário dos eutróficos, restringem a perda de nutrientes através de várias estratégias (JORDAN e HERRERA, 1981).

Na Tabela 6 são apresentados os valores da eficiência anual de utilização dos nutrientes pelas florestas inicial e madura. A floresta inicial mostrou-se mais eficiente na utilização de P, K e Ca, enquanto a floresta madura foi mais eficiente em utilizar N e Mg. Esse coeficiente foi muito baixo para N nos dois trechos de floresta. Vitousek (1984) afirmou que a relativa abundância de leguminosas arbóreas nas florestas tropicais pode ser responsável pelos altos níveis de nitrogênio disponível, gerando, portanto, baixa eficiência na utilização desse elemento nesses ecossistemas.

Tabela 5 – Estimativa do aporte anual de nutrientes via serapilheira nas florestas inicial e madura na Reserva Florestal Mata do Paraíso em Viçosa, MG

Table 5 – Annual rate in litter estimated for initial and mature forests in Mata do Paraíso Forest Reserve in Viçosa, MG

Mês	N		P		K		Ca		Mg	
	FI	FM	FI	FM	FI	FM	FI	FM	FI	FM
	(kg.kg ⁻¹)									
novembro	13,03	20,75	0,44	0,95	1,56	4,82	9,31	25,30	1,79	2,87
dezembro	12,57	21,78	0,42	1,00	0,96	3,98	8,11	18,97	1,53	2,47
janeiro	11,38	14,60	0,38	0,67	0,94	2,59	6,86	13,77	1,45	1,79
fevereiro	11,91	14,00	0,40	0,62	1,09	2,16	7,26	13,30	1,31	1,60
março	11,23	15,87	0,38	0,70	1,31	3,46	6,23	19,92	1,56	2,16
abril	9,87	12,00	0,36	0,55	1,11	2,33	6,07	11,13	1,51	1,52
maio	10,65	6,51	0,36	0,29	1,21	1,50	6,39	5,43	1,51	0,87
junho	9,83	5,57	0,34	0,26	1,67	1,81	6,04	4,72	1,80	0,81
julho	14,62	11,72	0,48	0,51	1,36	2,47	10,38	11,76	2,37	1,83
agosto	10,06	14,44	0,33	0,63	2,14	6,27	7,30	14,45	2,18	3,21
setembro	8,69	19,30	0,26	0,81	2,08	9,09	6,83	17,91	1,99	3,44
outubro	13,25	23,26	0,37	0,88	1,14	5,01	8,60	22,61	1,84	3,62
TOTAL	137,09	179,79	4,52	7,87	16,58	45,49	89,37	179,28	20,85	26,19
X ¹	11,42	14,98	0,38	0,66	1,38	3,79	7,45	14,94	1,74	2,18
S ²	1,72	5,63	0,06	0,24	0,41	2,22	1,38	6,32	0,32	0,95
CV (%)	15,1	37,6	15,0	35,9	29,3	58,5	18,6	42,3	18,4	43,5
P ³	0,048**		0,000**		0,001**		0,000**		0,137 ^{NS}	
t ⁴	-2,093		-4,000		-3,701		-4,011		-1,541	

¹Média. ²Desvio-padrão. ³As comparações foram efetuadas pelo teste t não pareado (gl = 22), sendo: (* significância a 5% de probabilidade; ** significância a 1% de probabilidade; e ^{NS} ausência de significância). ⁴Valor de t.

Tabela 6 – Eficiência de uso dos nutrientes pelas florestas inicial e madura na Reserva Florestal Mata do Paraíso, em Viçosa, MG

Table 6 – Nutrient use efficiency for initial and mature forests in Mata do Paraíso Forest Reserve in Viçosa, MG

	N	P	K	Ca	Mg
Floresta inicial	46	1396	381	71	303
Floresta madura	49	1121	194	49	337

Vitousek (1982) ressaltou que a economia no uso dos nutrientes, expressa pela eficiência de utilização destes, indica a possibilidade de limitação na produção primária no ambiente, enquanto a baixa eficiência aponta que o suprimento de nutrientes é mais adequado. A análise da eficiência de utilização dos nutrientes pelas florestas inicial e madura evidencia maior conservação dos nutrientes no ambiente da floresta inicial. Alguns autores ressaltaram que altos valores no índice de utilização dos nutrientes indicam uma ciclagem de nutrientes mais eficiente (GAMA-RODRIGUES e BARROS, 2002). Portanto, os teores mais elevados de nutrientes apresentados pela serapilheira proveniente da floresta madura, além das altas taxas de transferência anual desses nutrientes, refletem as melhores condições edáficas nesse ambiente. Isso mostra que a produção primária na floresta madura não é limitada pela disponibilidade dos elementos estudados (VITOUSEK, 1982).

3.2. Decomposição da serapilheira

A média anual de serapilheira acumulada foi significativamente maior na floresta madura 7.006,90 kg.ha⁻¹ em relação ao acúmulo da floresta inicial 4647,60 kg.ha⁻¹ (t = -4,131; gl = 78; e P = 0,001), com as maiores taxas de acúmulo de serapilheira coincidindo com o período de maior deposição de serapilheira ao final da estação seca nos dois trechos de floresta estudados.

A maior quantidade de serapilheira acumulada no solo da floresta madura não decorre de sua qualidade nutricional, uma vez que esta se mostrou mais elevada que a da floresta inicial (Tabela 3), mas da estrutura dessa floresta que apresenta maior número de indivíduos por hectare (floresta madura, 2.077; e floresta inicial, 1.330), além do dobro da área basal em relação à floresta inicial (floresta madura, 38,2 m².ha⁻¹; e floresta inicial, 18,4 m².ha⁻¹) (Tabela 1).

A taxa instantânea de decomposição (K) foi de 1,36 e 1,26 nas florestas inicial e madura, respectivamente,

sendo o tempo médio de renovação (k⁻¹) da serapilheira igual a 0,74 ano (270 dias) na floresta inicial e 0,79 ano (288 dias) na floresta madura. O tempo necessário para o desaparecimento de 50 e 95% da serapilheira acumulada sobre o solo foi de 0,51 e 2,21 anos, respectivamente, na floresta inicial e 0,55 e 2,38 anos, respectivamente, na floresta madura. Esses valores indicam uma velocidade de reaproveitamento dos nutrientes bastante similares entre as florestas estudadas. Assim, a melhor qualidade da serapilheira produzida pela floresta madura foi sobreposta pela grande quantidade de material depositado sobre o solo, o que influenciou seu tempo de renovação.

3.3. Decomposição e percentual de mineralização da fração foliar dos litterbags

A decomposição do material foliar ocorreu de forma distinta entre as florestas inicial e madura. A floresta madura proporcionou decomposição do material foliar mais rápida que a floresta inicial, apresentando ao final de um ano uma percentagem de massa remanescente menor que a floresta inicial (Tabela 7). Esse comportamento é devido à maior qualidade do material foliar originado pela floresta madura com maiores teores de P, K e Ca.

O intercâmbio do material vegetal entre as florestas favoreceu a decomposição da fração foliar proveniente da floresta inicial (de 41,4% no ambiente da floresta inicial para 47,7% na floresta madura), reduzindo a percentagem de massa remanescente após o período de um ano (52,3%). O inverso aconteceu com o material foliar da floresta madura depositado na floresta inicial, caindo de 57,5% para 49,0%, com o consequente aumento na percentagem de massa remanescente (51,0%).

Tabela 7 – Percentual de massa remanescente da fração foliar em decomposição nas florestas inicial e madura na Reserva Florestal Mata do Paraíso, em Viçosa, MG

Table 7 – Nutrient elements remaining as percentage of the initial content in leaf litterfall in decomposition in initial and mature forests in Mata do Paraíso Forest Reserve in Viçosa, MG

Dias	Floresta inicial	Floresta madura
	% de massa remanescente	
0	100,00	100,00
120	69,40	54,10
240	53,70	46,00
360	58,60	42,50

O intercâmbio do material vegetal entre as florestas revelou que, mesmo em nível local, o processo de decomposição não é influenciado apenas pela qualidade do substrato, mas também pela qualidade do ambiente, como sugerido por Gama-Rodrigues e Barros (2002).

A mineralização dos nutrientes durante o período de um ano foi maior e mais rápida para o material foliar da floresta madura (Figura 2). O K foi o nutriente mais rapidamente mineralizado. Aos 120 dias, cerca de 61% do K presente no material foliar da floresta inicial e 91% no da floresta madura já haviam sido liberados. A velocidade de liberação do K para o solo é um indício

de que a lixiviação é o principal mecanismo de transferência desse elemento para o ecossistema, devido à sua não atuação como componente estrutural dos tecidos vegetais, e, portanto, a mineralização não constitui pré-requisito para sua liberação (O'CONNELL, 1988).

A sequência de liberação dos nutrientes pela fração foliar foi distinta entre as florestas estudadas, sendo $K > Mg > N > P > Ca$ na floresta inicial e $K > Mg > P > Ca > N$ na floresta madura. Quanto à velocidade de liberação dos nutrientes, os nutrientes mais facilmente liberados foram K, Mg e P no material foliar da floresta inicial e K, Mg e Ca na floresta madura.

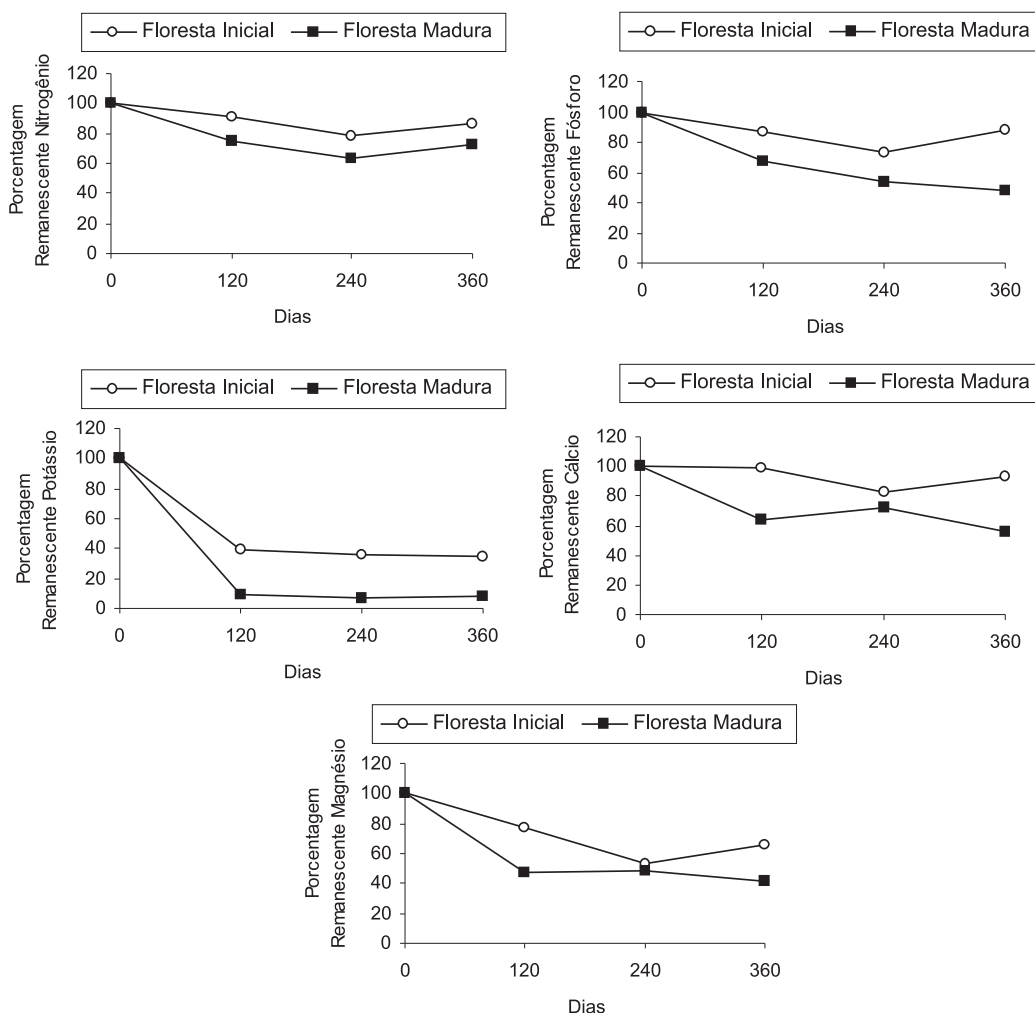


Figura 2 – Nutrientes remanescentes na fração foliar das florestas inicial e madura na Reserva Florestal Mata do Paraíso, em Viçosa, MG.

Figure 2 – Nutritional elements remaining in leaf litterfall of initial and mature forests in Mata do Paraíso Forest Reserve in Viçosa, MG.

4. CONCLUSÕES

A produção de serapilheira na floresta inicial foi inferior à da floresta madura, refletindo, em parte, a estrutura menos desenvolvida desse trecho de floresta em estágio inicial de sucessão.

A serapilheira produzida pela floresta inicial é de qualidade inferior à da floresta madura, no entanto esta é renovada mais rapidamente e os nutrientes são utilizados de forma mais eficiente.

O processo de decomposição é influenciado não apenas pela qualidade do material vegetal, mas também pela qualidade do ambiente.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelas bolsas de Mestrado de S.I.C. Pinto e de Produtividade em Pesquisa de S.V. Martins e N.F. Barros e aos estagiários do Curso de Engenharia Florestal da UFV Carlos José Andrade Silveira e Leonardo Martins Pitanga dos Santos, pelo auxílio nos trabalhos de campo.

6. REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J. N.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. Wallingford: CAB International, 1996. 171p.
- BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. (Boletim Técnico, 78).
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v.21, n.1, p.73-85, 1974.
- BRAZ, D. M.; CARVALHO OKANO, R. M.; KAMEYAMA, C. Acanthaceae da Reserva Florestal Mata do Paraíso, Viçosa, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, n.4, p.495-504, 2002.
- CASTRO, P. S. et al. Interceptação da chuva por mata natural secundária na região de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.7, n.1, p.76-89, 1973.
- CESAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.53, n.1, p.671-681, 1993.
- DANTAS, M.; PHILLIPSON, J. Litterfall and litter nutrient content in primary and secondary Amazonian “terra firme” rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.5, n.1, p.27-36, 1989.
- DURIGAN, G.; LEITÃO-FILHO, H. F.; PAGANO, S. N. Produção de folheda em matas ciliares na região oeste do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, v.8, n.2, p.187-199, 1996.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, v.26, n.2, p.193-207, 2002.
- GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: PRODEPEF/PNUD/FAO/IBDF/Bras-45, 1975. 65p. (Série Técnica, 3).
- JORDAN, C. F.; HERRERA, R. Tropical Rain Forest: are nutrients really critical? **American Naturalist**, v.117, n.1, p.167-180, 1981.
- LEAL-FILHO, N. **Caracterização do banco de sementes de três estádios de uma sucessão vegetal na Zona da Mata de Minas Gerais**. 1992. 196f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1992.
- LEITÃO-FILHO, H. F. et al. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. Campinas: UNICAMP, 1993. 184p.
- MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, n.3, p.405-412, 1999.
- MARTIUS, C. et al. Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazônia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.68, p.137-154, 2004.
- MCDONALD, M. A.; HEALY, J. R. Nutrient cycling in secondary forests in the Blue Mountains of Jamaica. **Forest Ecology and Management**, v.139, p.257-278, 2000.

- MEIRA-NETO, J. A. A. **Estudos florísticos, estruturais e ambientais nos estratos arbóreos e herbáceo-arbustivo de uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG.** 1997. 154f. Tese (Doutorado em Biologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.
- MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C.; VUONO, Y. S. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forests. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, n.1, p.9-16, 1999.
- O'CONNELL, A. M. Nutrient dynamics in decomposing litter in Karri (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell.) forests of South-Western Australia. **Journal of Ecology**, v.76, p.1186-1203, 1988.
- OLSEN, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v.44, n.2, p.322-331, 1963.
- PAGANO, S. N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.49, n.3, p.633-639, 1989.
- PINTO, S. I. C. et al. Estrutura do componente arbustivo-arbóreo de dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na Reserva Florestal Mata do Paraíso, Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, v.31, n.5, p.823-833, 2007.
- POGGIANI, F. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas. **Revista do Instituto Florestal**, v.4, p.734-739, 1982.
- SHANKS, R.; OLSON, J. S. First year breakdown of leaf litter in Southern Appalachia. **Forest Science**, v.134, p.194-195, 1961.
- SILVA-JÚNIOR, W. M. et al. Regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas em dois trechos de uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG. **Scientia Forestalis**, v.66, n.66, p.169-179, 2004.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991. 123p.
- VITAL, A. R. T. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.793-800, 2004.
- VITOUSEK, P. M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **American Naturalist**, v.119, n.1, p.553-572, 1982.
- VITOUSEK, P. M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, v.65, p.285-298, 1984.
- VITOUSEK, P. M.; SANFORD, R. L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.17, n.4, p.137-167, 1986.
- WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serapilheira em trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.2, p.195-198, 2001.