

QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA E NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA ACUMULADA EM TRECHO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL SUBMONTANA, ES

Tiago de Oliveira Godinho^{1*}, Marcos Vinicius Winckler Caldeira², José Henrique Tertulino Rocha³,
Jônio Pizzol Caliman⁴, Paulo André Trazzi⁵

*Autor para correspondência: godinhoto@hotmail.com

RESUMO: Objetivou-se, com o trabalho, quantificar o acúmulo de serapilheira, bem como os macronutrientes e o carbono orgânico na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, localizada em Cachoeiro de Itapemirim, ES. A amostragem da serapilheira foi realizada em 12 parcelas (20 m x 50 m), sendo as mesmas distribuídas de forma sistemática no campo. Em cada uma das 12 parcelas, foram coletadas mensalmente 12 amostras de serapilheira acumulada, de forma aleatória, com o auxílio de um gabarito de metal de 0,25 m x 0,25 m. O estudo de acúmulo de serapilheira na floresta foi analisado segundo o delineamento inteiramente casualizado, com 12 tratamentos (meses do ano) e 12 repetições. O acúmulo de serapilheira mostrou-se sazonal, com maiores acúmulos, ocorrendo no final da estação seca e de menores temperaturas do ar (Dez/09, Jan/10, Set/10 e Out/10), contendo em média 5,5 Mg ha⁻¹ de serapilheira acumulada. O Cálcio foi encontrado em maior teor e conteúdo, sendo o conteúdo médio de macronutrientes contidos na serapilheira de 293,59 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes, carbono orgânico, macronutrientes.

QUANTIFICATION OF BIOMASS AND NUTRIENTS IN THE ACCUMULATED LITTER IN A SECTION OF SUBMONTANE SEASONAL SEMIDECIDUOUS FOREST, ES

ABSTRACT: The objective of the study was to quantify the accumulation of litter, macronutrients and organic carbon in the Submontane Seasonal Semideciduous Forest, located in Cachoeiro de Itapemirim, ES. A sampling of litter was performed in 12 plots (20 m x 50 m), and was distributed systematically in the field. In each of the 12 plots were collected monthly 12 samples of litter accumulated at random, with the aid of a metal template of 0.25 m x 0.25 m. The study of accumulation of litter in the forest was analyzed according to completely randomized design with 12 treatments (months of the year) and 12 repetitions. The accumulation of litter was found to be seasonal, with higher accumulations occurring at the end of the dry season and lower air temperatures (Dec/09, Jan/10, Sep/10 and Oct/10), containing on average 5.5 Mg ha⁻¹ of accumulated litter. Calcium was found in higher level and content, and the average content of macronutrients in the litter was 293.59 kg ha⁻¹.

Key words: Nutrient cycling, organic carbon, macronutrients.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Moraes et al. (1998), a serapilheira acumulada representa a diferença entre a deposição e a decomposição do material vegetativo, estando esse material depositado sobre o solo, sendo importante pela devolução de nutrientes ao solo. Caldeira et al. (2008) relatam que a quantidade de serapilheira sobre o solo varia em função da composição de espécies, da intensidade da cobertura florestal, do estágio sucessional, da idade, da época da coleta, do tipo de floresta e do local. Além desses fatores, outros como condições edafoclimáticas, sítio, sub-bosque, manejo silvicultural, proporção de copa, bem como taxa de decomposição e distúrbios naturais,

como fogo e ataque de insetos, ou artificiais, como remoção da serapilheira e cultivos, ocorridos na floresta ou no povoamento, também influenciam no acúmulo de serapilheira.

A camada orgânica formada pela serapilheira tem sido o principal agente responsável pela ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais tropicais (PRITCHETT, 1979), pois o compartimento formado pela serapilheira e pelo solo é o sítio de todas as etapas da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes. À medida que as folhas, galhos e raízes vão sendo incorporados à serapilheira e sofrem o processo de decomposição, ocorre liberação desses nutrientes ao solo e, conseqüentemente, disponibilização para as plantas.

¹Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Domingos Martins, Espírito Santo, Brasil

²Universidade Federal do Espírito Santo – Alegre, Espírito Santo, Brasil

³Universidade de São Paulo – Piracicaba, São Paulo, Brasil

⁴Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, Minas Gerais, Brasil

⁵Universidade Federal do Paraná – Curitiba, Paraná, Brasil

De acordo com Caldeira et al. (2010), ainda são poucos os conhecimentos sobre os ecossistemas naturais e sobre a ciclagem de nutrientes em florestas naturais e plantações florestais com florestas nativas no Brasil. Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento de novas pesquisas, principalmente naquelas regiões do país mais sujeitas aos impactos antrópicos, onde os ecossistemas primitivos se encontram em via de desaparecimento.

Trabalhos relacionados com a produção e acúmulo de serapilheira fornecem subsídios para um melhor entendimento da dinâmica dos nutrientes. Além disso, permitirá a geração de informações que ajudem na escolha de espécies florestais para a formação de maciços, por meio da sazonalidade, da quantidade e da qualidade da serapilheira produzida, quando suas características químicas e físicas forem relevantes para a melhoria do solo e da cadeia alimentar resultante dos detritos por elas gerados (CALDEIRA et al., 2008). Diante do exposto, este trabalho tem por finalidade preencher algumas das lacunas existentes quanto ao acúmulo de serapilheira e os macronutrientes e carbono orgânico nela contidos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização edafoclimática da área de estudo

O presente trabalho foi realizado de dezembro de 2009 a novembro de 2010 na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Cafundó que está situada na Fazenda Boa Esperança, no município de Cachoeiro de Itapemirim (Figura 1). Localizada em cotas de 100 a 150 m de altitude (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 1987). A RPPN Cafundó possui 517 hectares (Latitude 20°43'S - Longitude 41°13'W).

O clima da região na qual foi realizado o estudo enquadra-se no tipo Aw, apresentando chuva mal distribuída ao longo do ano, com verão chuvoso e inverno seco, de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). A temperatura média das mínimas do mês mais frio é de 11,8°C, e a média das máximas do mês mais quente de 34°C (PEZZOPANE et al., 2004). O índice médio pluviométrico anual é de 1293 mm (INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - INCAPER, 2013).

Na Figura 2, são apresentados os dados de precipitação e temperatura média do ar da Estação Meteorológica de Alegre, ES, correspondentes ao

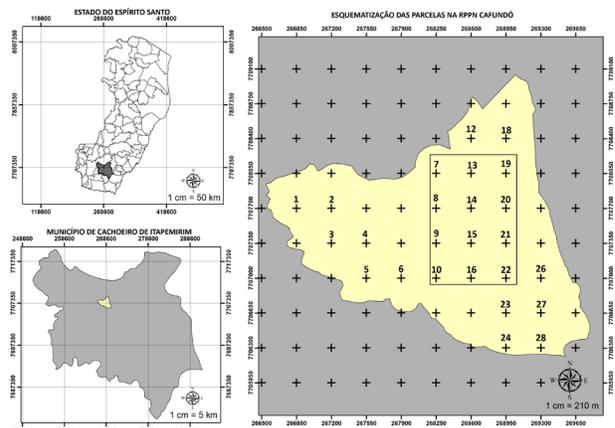


Figura 1 – Mapa de localização e esquemas das parcelas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Cafundó, Fazenda Boa Esperança, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Figure 1 – Location map and diagrams of the fields in Reserva Particular do Patrimônio Natural Cafundó, Fazenda Boa Esperança, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

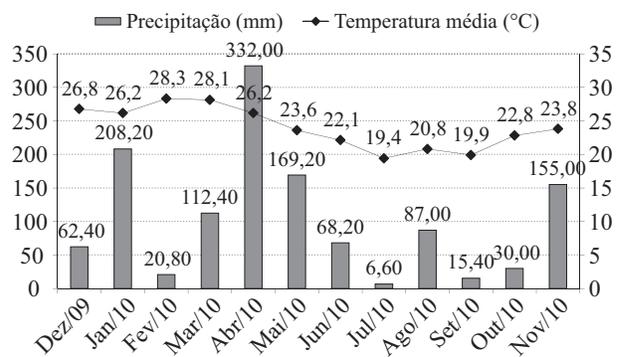


Figura 2 – Dados de precipitação e temperatura média do ar na região de localização da Reserva Particular do Patrimônio Natural Cafundó, Fazenda Boa Esperança, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Figure 2 – Data of precipitation and average air temperature in Reserva Particular do Patrimônio Natural Cafundó, Fazenda Boa Esperança, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

período de coletas dos dados, obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2013). A distância da estação meteorológica para a RPPN Cafundó é de, aproximadamente 30 km.

A RPPN Cafundó está inserida no domínio do Bioma Mata Atlântica, na Fitofisionomia Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 2012). Em seu interior estão presentes fragmentos florestais com diferentes graus de antropização, tendo seus limites

florestais com extensas regiões de pastagens. É perceptível que, no passado, houve extração seletiva de madeira na região.

Em estudo realizado por Archanjo et al. (2012), referente à vegetação arbórea na área do presente estudo, os autores encontraram uma composição florística de 255 espécies, 152 gêneros e 54 famílias. O índice de diversidade (H') foi de 4,13. Os valores de área basal ($33,02 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) e densidade (1823 ind ha^{-1}) foram próximos aos de outras florestas estacionais semidecíduais da região Sudeste. As espécies com maior valor de importância (VI) foram *Astronium concinnum* (Engl.) Schott, *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) G.P. Lewis & M.P. Lima e *Neoraputia alba* (Nees & Mart.) Emmerich ex Kallunki. O remanescente florestal é composto predominantemente por espécies secundárias tardias, caracterizando-se como um fragmento bem preservado, que detém alta diversidade de espécies e com uma flora arbórea peculiar, ressaltando a importância dessa área para a conservação na região sul do Espírito Santo.

O solo da RPPN Cafundó de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

Tabela 1 – Atributos químicos do solo na profundidade de 0 - 20 cm das parcelas na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Table 1 – Soil chemical attributes at a depth of 0 – 20 cm of the plots in the Submontane Seasonal Semideciduous Forest, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Parcela	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	H ₂ O	mg	dm ⁻³				cmol _c	dm ⁻³					%	g	kg ⁻¹	mg	dm ⁻³				mg
7	4,8	3	57	10	1,0	0,4	0,6	3,6	1,6	2,2	5,2	31	27	0,1	26	30	1,1	96	34	0,4	0,30
8	5,9	6	56	13	3,6	0,7	0,0	1,2	4,4	4,4	5,6	78	0	0,1	24	45	5,7	22	157	0,6	0,26
9	6,0	9	120	17	7,7	1,7	0,0	2,0	9,8	9,8	11,8	83	0	0,1	45	31	7,9	171	133	1,1	0,55
10	5,9	6	65	9	2,7	0,8	0,0	1,4	3,7	3,7	5,1	72	0	0,1	26	45	4,9	120	76	0,7	0,29
13	6,3	18	72	11	2,6	0,6	0,0	1,2	3,4	3,4	4,6	74	0	0,1	24	49	3,2	65	148	0,6	0,27
14	6,7	33	59	9	3,2	0,4	0,0	0,9	3,8	3,8	4,7	82	0	0,1	16	49	13,0	15	175	0,9	0,34
15	6,3	5	32	8	3,2	0,6	0,0	1,2	3,9	3,9	5,1	76	0	0,1	21	45	5,3	71	144	0,6	0,26
16	6,7	7	75	10	4,9	1,1	0,0	1,0	6,2	6,2	7,2	86	0	0,1	26	44	4,5	23	176	0,5	0,47
19	5,2	3	66	13	1,5	0,4	0,3	2,7	2,1	2,4	4,9	44	12	0,1	21	40	1,3	74	40	0,6	0,47
20	5,8	3	62	8	2,1	0,6	0,0	2,0	2,9	2,9	4,9	59	0	0,1	19	44	4,7	73	83	0,7	0,33
21	5,7	3	82	10	3,2	1,0	0,0	2,4	4,5	4,4	6,8	65	0	0,1	34	39	5,6	82	132	0,5	0,41
22	6,1	3	81	10	4,0	1,2	0,0	1,4	5,4	5,4	6,9	79	0	0,1	32	44	6,7	14	136	0,5	0,66

pH em água - Relação 1:2,5; P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Extrator Mehlich-1; Ca - Mg - Al - Extrator KCL - 1mol L⁻¹; H + Al - Correlação com pH SMP; B - Extrator água quente; SB - Soma de bases trocáveis; t - Capacidade de troca catiônica efetiva; T - Capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC); V - Índice de saturação em bases; m = Índice de saturação em alumínio; ISNa - Índice de saturação em sódio; MO - Matéria orgânica (C.org x 1,724); P-rem - Fósforo remanescente ou de equilíbrio.

- EMBRAPA, 2006) é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado (Tabela 1) (GODINHO et al., 2013).

2.2 Coleta e processamento da serapilheira

A amostragem da serapilheira acumulada foi realizada em 12 das 25 parcelas demarcadas para o estudo florístico e fitossociológico da vegetação arbórea, realizado por Archanjo et al. (2012). A área amostrada totalizou 1,2 hectares e, portanto, as 12 parcelas foram representativas da área de estudo (GODINHO et al., 2013). As parcelas alocadas por Archanjo et al. (2012) seguiram o método de amostragem de parcelas de área fixa de 20 m x 50 com distribuição, de forma sistemática no campo (Figura 1).

As parcelas escolhidas para esse estudo foram: 07, 08, 09, 10, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21 e 22, sendo as mesmas representativas da área de estudo. Em cada uma das 12 parcelas do presente estudo foram coletadas, mensalmente, sobre o piso da floresta, 12 amostras de serapilheira acumuladas de forma aleatória, com o auxílio de um gabarito de metal de 0,25 m x 0,25 m, que foi lançado sobre o piso da floresta.

Em campo, cada amostra de serapilheira foi colocada, separadamente, em sacos plásticos devidamente identificados. Após a coleta, as amostras foram levadas imediatamente para o Laboratório de Ecologia Florestal/ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira/ Centro de Ciências Agrárias/Universidade Federal do Espírito Santo, em Jerônimo Monteiro, ES, onde foram transferidas para sacos de papel pardos identificados e, por fim, colocadas em estufa de circulação e renovação de ar a 65°C até alcançar massa seca constante, para posterior pesagem, obtendo, assim, o peso seco das amostras.

Posteriormente à secagem as 12 amostras de cada parcela foram unidas formando uma amostra composta por parcela em cada mês. Em seguida, foram trituradas em moinho do tipo Willey, passadas em peneiras de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenadas em frascos de vidros para subsequente análise química (MIYAZAWA et al., 1999).

2.3 Nutrientes e carbono orgânico na serapilheira

As análises dos macronutrientes e do carbono orgânico da serapilheira foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos e Plantas do Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural, localizado no município de Domingos Martins, ES. As análises do N, P, K, Ca, Mg, de S de tecido vegetal foram realizadas por digestão úmida e a de C_{org} por combustão seca. As análises de N foram realizadas por titulação. O N foi determinado pelo método Kjeldahl, chamado também de digestão sulfúrica usando o destilador de nitrogênio. As amostras de P e S foram lidas no espectrofotômetro UV-VIS. No espectrofotômetro de absorção atômica (EAA) foram lidas as amostras de K, Ca e Mg conforme metodologia descrita por EMBRAPA (2009) e Tedesco et al. (1995).

O conteúdo dos nutrientes e carbono orgânico ($\text{kg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$) da serapilheira foi obtido a partir da biomassa seca ($\text{Mg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$), e dos teores dos nutrientes (g kg^{-1}) da serapilheira, fornecendo o conteúdo total dos mesmos.

2.4 Análises estatísticas

O estudo de acúmulo de serapilheira na floresta foi analisado segundo o delineamento inteiramente casualizado, com 12 tratamentos (meses do ano) e 12 repetições (parcelas). Os dados obtidos de biomassa (serapilheira) e conteúdo dos nutrientes e carbono orgânico foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homogeneidade de variâncias (Box-Cox).

Quando os dados não apresentaram homogeneidade de variâncias foi aplicada a transformação recomendada pelo software SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 2008). Mesmo não havendo normalidade, prosseguiu-se com a Análise de Variância e com teste de Scott Knott no nível de 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar 4.2 (FERREIRA, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Biomassa

Os valores de biomassa da serapilheira acumulada apresentaram variabilidade espacial em razão da composição florística e das diferentes características edáficas da área de estudo e variabilidade temporal associada à dinâmica dos processos de produção e de sazonalidade (GODINHO et al., 2013). Segundo Archanjo et al. (2012), a área experimental apresenta várias espécies vegetais pertencentes a diferentes famílias, que

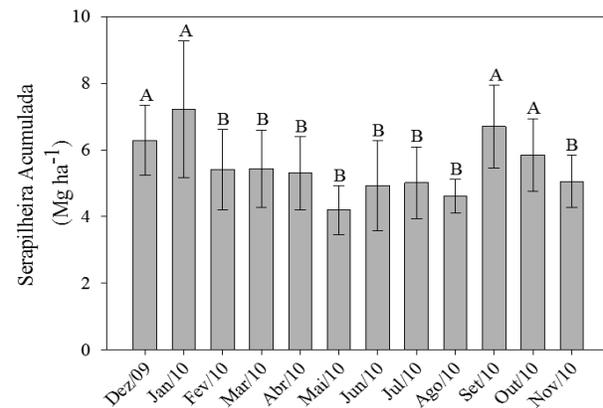


Figura 3 – Variação Temporal no acúmulo de Serapilheira na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES. Barras verticais indicam o desvio padrão da média. Colunas seguidas por uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Figure 3 – Temporal variation of litter accumulation in the Submontane Seasonal Semideciduous Forest, Cachoeiro de Itapemirim, ES. Vertical bars indicate the standard deviation. Columns followed by the same letter do not differ at 5% probability by Scott-Knott test.

possuem aspectos morfológicos e fenológicos distintos e uma distribuição espacial igualmente distinta. Isso pode contribuir para gerar tal variabilidade espacial no acúmulo da serapilheira.

A variação mensal na quantidade de serapilheira acumulada por unidade de área permite detectar tendência sazonal em seu acúmulo, verificando um maior acúmulo nos meses de dezembro, janeiro, setembro e outubro, sendo os mesmos no final da estação seca e de menores temperaturas do ar. O desvio padrão obtido demonstra a grande variação entre os locais de coleta (Figura 3).

A média calculada para os 12 meses de estudo foi de 5,5 Mg ha⁻¹, corroborando com os valores descritos por O'Connell e Sankaran (1997) que em determinados locais da América do Sul, para florestas tropicais naturais variam de 3,1 a 15,5 Mg ha⁻¹.

Vários fatores podem influenciar as diferenças no acúmulo de serapilheira na floresta nos diferentes meses do presente estudo, bem como entre os outros tipos de floresta. Toda a dinâmica do material acumulado na superfície do solo é influenciada por fatores do ambiente, tais como temperatura e umidade; pela qualidade inicial do material formador como, por exemplo, pelos componentes orgânicos; pelos macronutrientes e micronutrientes; pelos organismos do solo, como fauna, actomicetos e bactérias

entre outros (O'CONNELL; SANKARAN, 1997; WEDDERBURN; CARTER, 1999).

Observa-se um menor acúmulo de serapilheira no presente estudo, quando comparado com outros estudos em tipologias florestais semelhantes (GONÇALVES, 2008; VITAL et al., 2004; VOGEL; SCHUMACHER, 2010), fato esse que pode ter ocorrido em razão de a floresta em estudo encontrar-se em estágio sucessional mais avançado do que as demais (ARCHANJO et al., 2012). Segundo Meguro et al. (1979), a produção de serapilheira em florestas sucessionais tropicais úmidas pode alcançar valores mais altos do que em florestas maduras, pois nas florestas sucessionais, em geral, ocorre maior número de espécies decíduas, além de mudanças na composição. Assim, a taxa de acumulação de serapilheira é elevada no período de maior crescimento do povoamento, estabilizando-se com a maturidade da floresta.

3.2 Macronutrientes e carbono orgânico

Os teores médios de macronutrientes na serapilheira acumulada podem ser observados na Tabela 2, apresentando a seguinte ordem decrescente: Ca > N > K > Mg > S > P. A relação C/N está próxima a encontrada por Caldeira et al. (2007) que foi de 27,00 em uma Floresta Ombrófila

Tabela 2 – Teores médios dos macronutrientes, carbono orgânico e a relação C/N, C/P e C/S na serapilheira acumulada na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Table 2 – Average levels of macronutrients, organic carbon and C/N, C/P and C/S ratio in the accumulated litter in the Submontane Seasonal Semideciduous Forest, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Mês/ano	N	P	K	Ca	Mg	S	C _{org}	C/N	C/P	C/S
	g kg ⁻¹						%			
Dez/09	17,17	0,77	2,23 ^{b*}	28,34	2,12	1,08 ^c	52,98 ^a	31	706	495 ^a
Jan/10	18,08	0,79	2,06 ^c	29,82	2,20	1,05 ^c	52,01 ^a	29	690	496 ^a
Fev/10	18,08	0,75	2,76 ^b	30,98	2,41	1,35 ^b	52,88 ^a	30	760	394 ^b
Mar/10	18,08	0,74	1,96 ^c	27,40	2,03	1,41 ^b	50,85 ^b	29	722	362 ^b
Abr/10	16,92	0,67	1,53 ^d	25,01	1,87	1,38 ^b	50,27 ^b	31	851	371 ^b
Mai/10	17,83	0,78	1,68 ^d	29,35	1,88	1,40 ^b	50,17 ^b	29	688	365 ^b
Jun/10	17,42	0,75	2,33 ^b	32,99	2,07	1,53 ^a	49,84 ^b	29	705	331 ^c
Jul/10	17,67	0,83	2,58 ^b	32,28	2,15	1,50 ^a	48,97 ^b	28	621	331 ^c
Ago/10	16,50	0,72	2,79 ^b	31,93	2,21	1,40 ^b	50,08 ^b	31	741	361 ^b
Set/10	16,58	0,79	3,90 ^a	29,16	2,18	1,35 ^b	50,03 ^b	30	671	374 ^b
Out/10	16,33	0,81	4,81 ^a	29,31	2,83	1,39 ^b	48,97 ^b	30	642	358 ^b
Nov/10	16,58	0,76	1,96 ^c	28,00	2,55	1,47 ^b	49,98 ^b	30	686	341 ^c
Média	17,27	0,76	2,55	29,55	2,21	1,36	50,58	30	707	382
s	0,68	0,04	0,95	2,27	0,27	0,15	1,35	1	60	56
CV%	3,92	5,50	37,26	7,67	12,40	10,89	2,67	4	8	15

*Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Colunas sem letras não apresentam diferenças significativas.

Mista Montana, em General Carneiro, RS.

O macronutriente que apresentou o maior teor médio foi o Cálcio (29,55 g kg⁻¹), pelo fato do mesmo ser um componente estrutural das células do tecido vegetal, tendendo assim a ser um dos últimos a ser liberado para o solo via decomposição da serapilheira. Segundo Clevelário Júnior (1996), o enriquecimento da serapilheira em Cálcio pode ser decorrente de uma liberação mais lenta deste elemento pelo material recém caído, da retranslocação de outros elementos antes da abscisão das folhas, da redução da massa das folhas antes da abscisão e/ou consequência da retenção de Cálcio contido na transprecipitação (chuva que atravessa o dossel) pela serapilheira. De acordo com Lopes (1994), a transferência do Cálcio da copa das árvores pela chuva é muito intensa (13 a 21 kg ha⁻¹ ano⁻¹).

Em estudo realizado por Vogel e Schumacher (2010) com a serapilheira acumulada em uma Floresta Estacional Semidecidual, em São Gabriel, RS, os autores encontraram um teor de 15,73 g kg⁻¹ de N, 0,63 g kg⁻¹ de P, 1,82 g kg⁻¹ de K, 14,19 g kg⁻¹ de Ca, 2,05 g kg⁻¹ de Mg e 1,05 g kg⁻¹ de S, sendo esses valores inferiores aos encontrados no presente estudo.

De acordo com Caldeira (2003), diferentes teores, bem como conteúdos, de macronutrientes na serapilheira acumulada podem estar relacionados com a mobilidade dos bioelementos dentro da planta. A alta variabilidade dos teores de Potássio na serapilheira, segundo Pagano e Durigan (2000), entre as épocas de avaliação guarda relação com a variação da precipitação pluviométrica, o que se explica pela sua alta suscetibilidade à lixiviação via lavagem de folhas e de serapilheira, que decorrem do fato de o mesmo não participar de compostos orgânicos, ocorrendo na forma solúvel ou adsorvido no suco celular (MARSCHNER, 1997). Esse fato pode ser evidenciado, analisando a variação do teor de potássio nos meses. Os menores teores foram observados nos meses de abril e maio, e os maiores nos meses de setembro e outubro (Tabela 2), meses de maiores e menores precipitações respectivamente (Figura 2).

Os baixos teores de Potássio na serapilheira acumulada estão relacionados com pequenas taxas desse nutriente na ciclagem biogeoquímica, contrariamente às de Cálcio, nutriente cujos teores na serapilheira acumulada são muitas vezes superiores aos existentes nos componentes da biomassa acima do solo (GODINHO et al., 2013). A ciclagem biogeoquímica de modo geral, é a via pela qual os nutrientes de baixa mobilidade na planta são ciclados, uma vez que para esses nutrientes a ciclagem bioquímica torna-se pouca expressiva, contrariamente ao que ocorre para nutrientes de alta mobilidade na planta (CALDEIRA, 2003).

A ciclagem do Potássio na relação solo-planta-

solo é mais rápida do que a de outros nutrientes, por se tratar de um cátion monovalente (JORDAN, 1985). No entanto, macronutrientes como Cálcio e Magnésio, embora considerados como moderadamente laváveis (PAGANO; DURIGAN, 2000), apresentaram variações menores nos teores. O Magnésio tem seus teores reduzidos nas folhas, em função provavelmente da oxidação da clorofila, que ocorre quando as folhas estão em senescência e quando iniciam a decomposição sobre o solo (BRUN, 2004). Os maiores teores de enxofre foram observados nos meses de junho e julho, em decorrência de maiores concentrações desse elemento na serapilheira, depositados durante os meses de junho e julho (GODINHO et al., 2013).

Paralelamente à mineralização, ocorre a imobilização de parte dos nutrientes para atender à demanda nutricional dos organismos decompositores. Da dinâmica e intensidade relativa entre estes dois processos opostos, tem-se a mineralização ou imobilização líquida, que determinam a disponibilidade de nutrientes. O balanço entre esses dois processos é muito complexo e depende da qualidade do resíduo em decomposição, tendo estreita correlação com as relações C/N, C/P e C/S (Tabela 3).

Tabela 3 – Generalizações sobre as relações C/N, C/P e C/S na matéria orgânica e potenciais de Imobilização (I) e Mineralização (M) de nutrientes (STEVENSON, 1986).

Table 3 – Generalizations about the relationship C/N, C/P and C/S in organic matter and potential immobilization (I) and mineralization (M) of nutrients (STEVENSON, 1986).

C/N	C/P	C/S	Balanço: I e M	Disponibilidade de N, P e S
> 30	> 300	> 400	I > M	Diminuída
20 – 30	200 – 300	200 – 400	I = M	Não alterada
< 20	< 200	< 200	I < M	Aumentada

As relações C/N, C/P e C/S médias da serapilheira durante o período de estudo foram de 30; 707 e 382 respectivamente. Analisando a Tabela 3, observa-se que o teor de nitrogênio e de enxofre não são limitantes para o processo de mineralização, em razão de suas relações com o carbono estarem na faixa adequada. Já, o teor de fósforo está abaixo da faixa ideal (alta relação C/P) para a atividade microbiana, o que poderá resultar (se disponível) em uma imobilização temporária do fósforo disponível na solução do solo (STEVENSON, 1986). A relação C/N e C/P não apresentaram variações em função dos meses do ano, já a relação C/S foi maior nos meses de dezembro e janeiro, em razão de os menores teores de enxofre nesses meses (Tabela 2).

Conforme descrito na Tabela 4, o conteúdo médio de macronutrientes na serapilheira acumulada foi de 293,58 kg ha⁻¹, sendo o Cálcio (54,9%) e o Fósforo (1,4%) respectivamente os elementos com o maior e o menor conteúdo. A ordem decrescente dos conteúdos foi: Ca > N > K > Mg > S > P, diferindo da ordem encontrada por Caldeira et al. (2008) em uma Floresta Ombrófila Densa Submontana, em Blumenau, SC, para estágio inicial e intermediário e da ordem encontrada por Vogel e Schumacher (2010) em uma Floresta Estacional Semidecidual, em São Gabriel, RS, sendo a mesma: N > Ca > Mg > K > S > P. Observa-se, também, que o conteúdo médio de carbono orgânico foi de 2787,64 kg ha⁻¹.

O Cálcio apresentou o maior teor e conteúdo na serapilheira acumulada (Tabelas 2 e 4), fato este que pode estar relacionado com a sua pouca mobilidade nos tecidos vegetais. A baixa mobilidade desse macronutriente dentro dos tecidos vegetais é citada por Nilsson et al. (1995), como um fator que determina que a maior quantidade de ciclagem desse nutriente na natureza seja feita pela queda e decomposição dos tecidos vegetais senescentes.

Quantidades significativas de nutrientes e carbono orgânico podem retornar ao solo por meio da queda de componentes senescentes da parte aérea das plantas e sua posterior decomposição. Portanto, a serapilheira é considerada como a principal via de transferência de carbono orgânico para o solo, tornando, assim, importante a sua quantificação. Cabe ressaltar que raízes, madeira morta, micro, meso e macrofauna também são vias de transferência de carbono orgânico para o solo (CALDEIRA et al., 2008).

A quantidade de carbono orgânico na serapilheira acumulada no presente estudo aproximou-se da quantidade encontrada por Watzlawick et al. (2002) na Floresta Ombrófila Mista Montana, em General Carneiro, PR, possuindo 2,99; 3,30 e 2,90 Mg ha⁻¹ de carbono orgânico, respectivamente, no estágio inicial, intermediário e avançado na floresta.

Os conteúdos dos macronutrientes na serapilheira acumulada assemelham-se aos encontrados em diversas tipologias florestais brasileira, estando somente o do cálcio um pouco acima dos demais estudos, como pode ser constatado na Tabela 5.

Tabela 4 – Conteúdo médio de macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira acumulada na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Table 4 – Average content of nutrients and organic carbon in the accumulated litter in the Submontane Seasonal Semideciduous Forest, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Mês/ano	N	P	K	Ca	Mg	S	C _{org}
	kg ha ⁻¹						
Dez/09	108,79 ^{b*}	4,82 ^a	13,99 ^b	179,10 ^a	13,46 ^b	6,75 ^b	3334,10 ^a
Jan/10	130,62 ^a	5,56 ^a	14,48 ^b	215,49 ^a	15,86 ^a	7,58 ^a	3761,24 ^a
Fev/10	98,22 ^c	3,93 ^b	14,65 ^b	165,08 ^b	12,84 ^b	7,30 ^a	2859,91 ^b
Mar/10	99,09 ^c	3,91 ^b	10,52 ^c	148,00 ^b	10,93 ^c	7,67 ^a	2759,87 ^b
Abr/10	89,76 ^c	3,51 ^b	8,09 ^c	130,77 ^b	9,75 ^c	7,30 ^a	2665,93 ^b
Mai/10	74,23 ^c	3,19 ^b	6,90 ^c	122,07 ^b	7,88 ^c	5,79 ^b	2109,20 ^c
Jun/10	84,82 ^c	3,56 ^b	11,20 ^c	160,88 ^b	10,02 ^c	7,43 ^a	2467,00 ^c
Jul/10	88,07 ^c	4,13 ^b	12,88 ^b	160,24 ^b	10,74 ^c	7,46 ^a	2436,99 ^c
Ago/10	76,26 ^c	3,29 ^b	12,46 ^b	147,46 ^b	10,09 ^c	6,44 ^b	2309,20 ^c
Set/10	110,89 ^b	5,17 ^a	25,53 ^a	193,99 ^a	14,49 ^b	8,97 ^a	3351,70 ^a
Out/10	94,53 ^c	4,78 ^a	27,72 ^a	170,49 ^a	16,48 ^a	8,06 ^a	2872,97 ^b
Nov/10	83,68 ^c	3,84 ^b	9,91 ^c	138,76 ^b	12,69 ^b	7,43 ^a	2523,55 ^c
Média	94,91 (32,4)**	4,14 (1,4)	14,03 (4,8)	161,03 (54,9)	12,10 (4,1)	7,35 (2,5)	2787,64

*Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

**Valores entre parênteses representam a porcentagem em relação ao conteúdo total de macronutrientes na serapilheira acumulada.

Tabela 5 – Conteúdo de macronutrientes na serapilheira acumulada em algumas tipologias florestais brasileiras.**Table 5** – Macronutrients content in the accumulated in some forest types in Brazil.

Tipologia Florestal	Estádio de regeneração	N	P	K	Ca	Mg	S	Ref.
Floresta Estacional Semidecidual Submontana	Floresta Secundária	94,91	4,14	14,03	161,03	12,10	7,35	1
Floresta Estacional Semidecidual	-	139,40	5,60	15,33	121,15	17,46	9,48	2
Floresta Ombrófila Densa Submontana	Estádio Inicial	67,45	2,61	11,77	40,22	12,85	7,10	3
-	Estádio Intermediário	73,08	2,77	11,70	60,92	13,13	7,28	
-	Estádio Avançado	88,76	2,78	9,00	41,23	13,87	9,40	
Floresta Ombrófila Densa Submontana	Floresta Pouco alterada	12,22	3,10	6,65	58,20	16,03	10,9	4
-	Floresta Muito Alterada	15,90	4,15	11,56	86,91	18,71	17,3	
Floresta Ombrófila Mista Montana	Floresta Secundária	95,66	5,43	45,32	36,84	7,56	14,75	5

¹Este estudo; ²Vogel e Schumacher (2010); ³Caldeira et al. (2008); ⁴Borém e Ramos (2002); ⁵Caldeira et al. (2007).

Verifica-se que a serapilheira é responsável pela retenção de grandes quantidades de nutrientes, constituindo uma importante forma de retorno dos elementos minerais da vegetação para o solo, o que já foi constatado por outros estudos (BRUN, 2004; SCHUMACHER et al., 2002; VITAL et al., 2004).

4 CONCLUSÕES

O acúmulo de serapilheira (5,5 Mg ha⁻¹), foi sazonal ao longo do ano, com os maiores acúmulos ocorrendo no final de estação seca e de menores temperaturas do ar, mostrando ser possivelmente influenciado por aspectos climáticos e de grande importância para a proteção do solo. O conteúdo médio de macronutrientes contidos na serapilheira foi de 293,59 kg ha⁻¹, sendo uma importante via de transferência de nutrientes e carbono orgânico para o solo e o Cálcio foi o macronutriente encontrado em maior teor e conteúdo. As relações C/N e C/S não são limitantes a decomposição da serapilheira, já, a relação C/P está acima da ideal para atividade microbiana, podendo ocorrer uma imobilização líquida temporal desse nutriente.

5 REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ARCHANJO, K. M. P. A.; SILVA, G. F.; CHICHORRO, J. F.; SOARES, C. P. B. Estrutura do componente arbóreo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 145-160, 2012.
- BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 42-59, 2002.
- BRUN, E. J. **Biomassa e nutrientes na floresta Estacional Decidual, em Santa Tereza, RS**. 2004. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)

- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

CALDEIRA, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná.** 2003. 176 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes: floresta Ombrófila Mista Montana, Paraná. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, abr./jun. 2007.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; VIEIRA, M.; GONÇALVES, E. O.; GODINHO, T. de O. Ciclagem de nutrientes, via deposição e acúmulo de serapilheira, em ecossistemas florestais. In: CHICHORRO, J. F.; GARCIA, G. O.; BAUER, M. O.; CALDEIRA, M. V. W. (Ed.). **Tópicos em ciências florestais**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2010. p. 57-82.

CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2. ed. Brasília, 2009. 627 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FERREIRA, D. F. **Sisvar.** Versão 4.2. Lavras: UFLA, 2003.

GODINHO, T. de O.; CALDEIRA, M. V. W.; CALIMAN, J. P.; PREZOTTI, L. C.; WATZLAWICK, L. F.; AZEVEDO, H. C. A.; ROCHA, J. H. T. Biomassa, macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira depositada em trecho de floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, p. 131-144, 2013.

GONÇALVES, M. A. M. **Avaliação da serapilheira em fragmento de floresta atlântica no sul do estado do Espírito Santo.** 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro, 1992. 92 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Projeto RADAM:** v. 34, folha SE 24 Rio Doce. Rio de Janeiro, 1987. 540 p.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Caracterização climática do município de Cachoeiro de Itapemirim.** Disponível em: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/caracterizacao/cacho_itap_carac.php>. Acesso em: 10 abr. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 11 abr. 2013.

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems.** New York: J. Wiley, 1985.

LOPES, M. L. C. S. P. **Ciclo hidrogeoquímico na bacia do alto rio da Cachoeira, Floresta da Tijuca, RJ.** 1994. 130 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1994.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2nd ed. San Diego: Academic, 1997.

MEGURO, M.; VINUEZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila

secundária, **São Paulo**: I., produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 7, p. 11-31, 1979.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELLO, W. J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA Solos, 1999. p. 171-223.

MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C.; RINALDI, M. C. S.; REBELO, C. F. Ciclagem mineral em Mata Atlântica de encosta e mata sobre restinga, Ilha do Cardoso, SP: nutrientes na serapilheira acumulada. In: SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS BRASILEIROS, 4., 1998, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: ACIESP, 1998. p. 71-77.

NILSSON, L. O.; HÜTTL, R. F.; JOHANSSON, U. T.; JOCHHEIM, H. Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems: present status and future research directions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 168/169, n. 1, p. 5-13, 1995.

O'CONNELL, A. M.; SANKARAN, K. V. Organic matter accretion, decomposition and mineralisation. In: NAMBIAR, E. K. S.; BROWN, A. G. (Ed.). **Management of soil, nutrients and water in tropical plantations forests**. Canberra: ACIAR; Melbourne: CSIRO, 1997. p. 443-480. (Monograph, 43).

PAGANO, S. N.; DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do oeste do Estado de São Paulo, Brasil. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP; FAPESP, 2000. p. 109-123.

PEZZOPANE, J. E. M.; SANTOS, E. A.; ELEUTÉRIO, M. M.; REIS, E. F.; SANTOS, A. R. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 151-158, 2004.

PRITCHETT, W. L. **Properties and management of forest soils**. New York: J. Wiley, 1979. 500 p.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W.; SPATHELF, P.; CAPRA, A. Quantifizierung der biomasse

und des nährstoffgehalts bei der restdurchforstung eines araukarienbestandes in quedas do Iguaçu, Paraná, Brasilien. **Forstarchi**, Brussels, v. 73, p. 187-194, 2002.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/STAT® 9.2: user's guide**. Cary, 2008.

STEVENSON, F. J. (Ed.). **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. 940 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEIS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta Estacional Semidecidual em Zona Ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 793-800, nov./dez. 2004.

VOGEL, H. L. M.; SHUMACHER, M. V. Quantificação dos nutrientes na serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em São Gabriel-RS, Brasil. In: FERTBIO, 2010, Guarapari. **Anais...** Guarapari: FERTBIO, 2010. 1 CD-ROM.

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R.; SCHUMACHER, M. V. Fixação de carbono em Floresta Ombrófila Mista em diferentes estágios sucessionais. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R. M.; ZILIOOTTO, M. A. B.; GOMES, F. S. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: UFPR, 2002. p. 153-173.

WEDDERBURN, M. E.; CARTER, J. Litter decomposition by four functional tree types for use in silvopastoral systems. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 31, n. 1, p. 455-461, 1999.

Recebido: 6 de agosto de 2011; aceito: 13 de maio de 2013.