

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997; (impresso): 1981-1160

v.5, n.3, p.383-391, jul.-set., 2010

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI: 10.5039/agraria.v5i3a552

Protocolo 552 - 11/04/2009 *Aprovado em 21/05/2010

Juvenal M. Gomes²

Marcos G. Pereira^{3,7}

Fátima C. M. Piña-Rodrigues⁴

Guilherme H. A. Pereira³

Fábio R. Gondim⁵

Eliane M. R. da Silva⁶

Aporte de serapilheira e de nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, RJ¹

RESUMO

Objetivando avaliar os efeitos da fragmentação sobre a deposição de serapilheira e a transferência de nutrientes, instalou-se um experimento em quatro remanescentes florestais de diferentes tamanhos (3,2; 8; 23 e 62 ha) e graus de perturbação, no município de Teresópolis-RJ. O aporte de serapilheira foi avaliado por meio de coletores cônicos, e o conteúdo dos nutrientes cálcio, magnésio, fósforo e potássio, foi determinado na fração folhas e nos solos. A deposição de serapilheira apresentou padrão sazonal, com o maior aporte observado na transição do período seco para o úmido. O maior aporte ocorreu no fragmento de 8 ha no início da estação chuvosa e, independente do fragmento, a fração foliar foi a que mais contribuiu para o aporte total. Não foi verificada diferença no padrão de deposição de serapilheira entre a borda e o interior dos fragmentos, não sendo também observada correlação com o tamanho dos remanescentes avaliados. O aporte de nutrientes apresentou relação com o tamanho dos fragmentos. K e Ca foram os nutrientes aportados em maior quantidade, com valores bastante variáveis entre os meses e as áreas.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes, fragmentação, indicadores bióticos

¹ Monografia apresentada pelo primeiro autor para a obtenção do grau de Engenheiro Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) *campus* Seropédica-RJ, Brasil. Apoio: Programa Mata Atlântica/CNPq (Processo 690145/2001-2- Projeto Blumen)

² Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Campus Araçuaí, Rua Gabriel Passos, 259, CEP 39400-112, Montes Claros-MG, Brasil. Fone: (38) 3201-3050. E-mail: juvenal@inpa.gov.br

³ UFRRJ, Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, BR 465, Km 7, CEP 23890-000, Seropédica-RJ, Brasil. Fone/ Fax: (21) 3787-3772. E-mail: gervasio@ufrj.br; guilhermepereira@ufrj.br

⁴ Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos, km 110, Reserva Fazenda Imperial, CEP 18052-780, Sorocaba-SP, Brasil. Fone/Fax: (13) 3202-2022. E-mail: fpina@ufscar.br

⁵ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Av. Sete de Setembro, 3165, CEP 80230-90, Curitiba-PR, Brasil. Fone: (41) 3310-4545. E-mail: fabio@ufrj.br

⁶ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa Agrobiologia, Laboratório de Micorrizas, BR 465, km 7, CEP 23851-970, Seropédica-RJ, Brasil. Fone: (21) 2682-2408 Ramal 270. Fax: (21) 2682-1230. E-mail: eliane@cpnpab.embrapa.br

⁷ Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

Litter fall and nutrient contribution in forest fragments on the Atlantic forest, RJ, Brazil

ABSTRACT

To evaluate the effect of fragmentation on litter deposition and nutrients transfer, an experiment was carried out in four forest remnants of different sizes (3.2, 8, 23 and 62 ha) and degrees of disturbance in Teresópolis-RJ, Brazil. Litter contribution was evaluated by conical collectors, and calcium, magnesium, phosphorus and potassium contents were determined in the leaf fraction and in soils. Litter showed seasonal patterns, and the highest litter production was observed in the transition from dry to wet season. The highest contribution was observed in the fragment of 8 ha in the beginning of the rainy season and, regardless of the fragment, leaves fraction contributed the most in the total contribution. There was no difference in the pattern of litter fall contribution between the edge and the interior of the fragments, and no correlation with the size of the assessed remaining. Nutrients contribution was correlated with the fragments size. K and Ca were the nutrients contributed in larger quantity, and their values vary considerably between months and areas.

Key words: Nutrient cycling, fragmentation, biotic indicators

INTRODUÇÃO

Como outras florestas tropicais do planeta, a Mata Atlântica foi devastada para a extração madeireira. Posteriormente, as áreas ocupadas pela floresta cederam lugar às de agricultura, pecuária e habitação humana, ocasionando a sua fragmentação (Dean, 2002). O Estado do Rio de Janeiro foi submetido a um processo acelerado de desmatamento desde o início da colonização do país. Ao longo dos séculos, este processo contribuiu para a redução da cobertura florestal original em cerca de 84% (Fundação SOS Mata Atlântica/INPE, 2001). Este elevado grau de fragmentação levou à formação de um grande número de remanescentes isolados e pulverizados, muitos com dimensões insuficientes para sustentar genética e ecologicamente as populações associadas (Câmara & Coimbra-Filho, 2001). Atualmente, os remanescentes de Floresta Atlântica são representados por fragmentos de diferentes tamanhos e formas, localizados, geralmente, em áreas mais elevadas da paisagem de difícil acesso e inadequadas para a agricultura (Bertoni et al., 1988; Leitão-Filho, 1982; Viana et al., 1992).

São diversos os efeitos da fragmentação florestal no ambiente (Schellas & Greenberg, 1996): os fragmentos mostram clara perda de biodiversidade e muitos organismos, comuns da floresta, são extintos, mesmo em níveis moderados de fragmentação e modificação das florestas tropicais. Da mesma forma, a deposição de material orgânico no solo varia sob enfoque temporal e espacial, da composição e abundância de espécies existentes na borda e no interior das áreas fragmentadas. A borda dos remanescentes florestais fica exposta e mais susceptível aos ventos e à penetração de luz e calor (Murcia, 1995), ocasionando mudanças em escalas variadas do microclima, da estrutura e da dinâmica da vegetação.

A serapilheira é um importante componente do ecossistema florestal. Compreende resíduos animais e o material depositado no solo pela cobertura vegetal que nele habita, incluindo, principalmente, caules, folhas, flores, frutos e sementes (Poggiani et al., 1987). Este compartimento pode indicar a capacidade produtiva da floresta, ao relacionar os nutrientes disponíveis com as necessidades nutricionais de uma dada espécie (Figueiredo-Filho et al., 2003).

Com relação aos nutrientes minerais, a quantidade total em uma floresta é a soma da quantidade deles contidos na vegetação, serapilheira e solo (Sampaio et al., 1988). A velocidade de decomposição da serapilheira dependerá da facilidade com que o material orgânico original pode ser decomposto, de suas características químicas e do pH do meio onde os processos acontecerão, bem como dos fatores climáticos (Haag, 1985).

A variação sazonal influencia qualitativa e quantitativamente a deposição dos resíduos florestais, induzindo mudanças no teor dos elementos na serapilheira e no aporte de biomassa (Sampaio et al., 1988). Assim, a velocidade do processo de ciclagem, desde a deposição do material orgânico até a reutilização dos nutrientes pela comunidade vegetal ou outro organismo do sistema, varia de

ambiente para ambiente e pode refletir o estado de funcionamento dos ecossistemas (Andrade et al., 1999).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o padrão de deposição de serapilheira e a contribuição da fração foliar na ciclagem de nutrientes em quatro fragmentos de floresta secundária de diferentes tamanhos, visando fornecer parâmetros para a formulação de indicadores ambientais de degradação em áreas de Mata Atlântica.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na região de Teresópolis, Rio de Janeiro. Os fragmentos analisados se enquadram no domínio da Floresta Ombrófila Densa e localizam-se na zona rural, microbacia do rio Preto, em um raio de 10 km das coordenadas 22° 17' 61" S e 042° 52' 6" W.

O clima da região é do tipo tropical quente úmido, com um a dois meses secos no período de inverno, e pluviosidade média de 1250 a 1500 mm anuais (RADAMBRASIL, 1983). A região estudada apresenta sazonalidade, com duas estações bem definidas pela precipitação. A estação menos úmida estende-se de maio a agosto, com pluviosidade inferior a 100 mm mês⁻¹ ($\mu = 84,8$ mm.mês⁻¹), já a úmida ($\mu = 216$ mm.mês⁻¹) abrange os meses de setembro a abril com pouca variação na temperatura ao longo do período ($\mu = 19,5$ °C; $\sigma = 2,1$). Dentre os meses, dezembro apresenta um padrão distinto, embora apresente valores de precipitação mensal similares aos demais. A distribuição de chuvas neste mês ocorre de maneira mais homogênea entre os dias, com uma média de 20 dias chuvosos, enquanto nos demais, estas médias se situam abaixo de 15 dias por mês. Quanto ao relevo, este se apresenta ondulado com escarpas íngremes, recobertas por vegetação original da Floresta Atlântica do tipo Floresta Ombrófila Densa Montana e vegetação secundária. Os solos são predominantemente da classe Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico (RADAMBRASIL, 1983), atualmente enquadrados na classe dos Argissolos Vermelho-Amarelos (Embrapa, 2006).

Foram amostrados quatro fragmentos de floresta secundária. Segundo agricultores locais, os principais eventos de desmatamento, que encerraram nos remanescentes existentes na região, ocorreram há cerca de 90 a 100 anos. Os fragmentos foram selecionados de acordo com seus tamanhos e distância em relação aos demais. Os fragmentos de tamanho médio apresentavam 23 ha e 8 ha de área, distando 150 m entre si; o de menor dimensão, com 3,2 ha, localizava-se a 500 m do fragmento mais próximo, o fragmento de 23 ha; e o maior fragmento, com 62 ha, distava-se 500 m do fragmento mais próximo, o fragmento de 8 ha. Em cada fragmento, foram instaladas unidades amostrais de 100 x 170 m, localizadas na vertente voltada para o fragmento mais próximo. As unidades foram divididas em quatro parcelas de 10 x 100 m, a intervalos de distância da borda de 0-10, 30-40; 60-70 e 160-170 m.

O aporte de serapilheira foi avaliado mediante a instalação de coletores cônicos de 0,25 m² de superfície, confeccionados com estrutura circular de arame revestido com tecido do tipo malha de helanca, com a finalidade de impedir a perda de material de menor dimensão e possibilitar a saída da água das

chuvas. Foram instalados quatro coletores por parcela de estudo, distantes 25 m entre si, totalizando 16 coletores por fragmento. Os coletores foram fixados nos troncos de árvores com fios de nylon, dispostos a cerca de 1,40 m do solo. A coleta do material foi realizada entre os meses de fevereiro e dezembro de 2004. O material aportado foi recolhido mensalmente e triado nas frações folhas, galhos, material reprodutivo e outras. Após a triagem, o material foi seco em estufa de circulação a 65°C até atingir a massa constante e, em seguida, pesado em balança de precisão para obtenção da massa seca.

Para verificar possíveis diferenças quanto ao aporte de serapilheira, efetuou-se análise de variância, empregando o delineamento de blocos fatoriais ao acaso com parcelas subdivididas no tempo. Dentro de cada fragmento, considerou-se como tratamento a distância das parcelas em relação à borda. Já para a avaliação inter-fragmentos, consideraram-se como tratamentos a área dos fragmentos, a localização das parcelas (proximidade da borda) e a época do ano. A relação das variáveis climáticas de temperatura (média, máxima e mínima) e precipitação com as taxas mensais de deposição dos diversos componentes da serapilheira foi analisada empregando-se a correlação de Spearman (Zar, 1999). Para avaliação da significância da correlação entre as variáveis, foi realizado o teste *F*. Já para a avaliação de possível padrão existente entre o tamanho dos fragmentos, o aporte total de serapilheira e dos teores de nutrientes fez-se a análise de correlação (*r*).

Para a quantificação dos teores de nutrientes, o material dos meses de abril, junho, agosto, outubro e dezembro foi moído, em moinho tipo Wiley, sendo quantificados os teores de fósforo (P) e potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) de acordo com Tedesco et al. (1997). Uma vez quantificados, os teores foram multiplicados pela quantidade total de material depositado, obtendo-se, então, os conteúdos dos nutrientes adicionados pelo aporte da serapilheira. Para avaliar possíveis diferenças nos teores médios de nutrientes entre o material formador de serapilheira dos fragmentos, os dados obtidos foram submetidos a análises de homogeneidade e de variância, e posteriormente comparados por meio do teste Tukey a 5% de significância por meio do programa SISVAR (versão 4.6)

da Universidade Federal de Lavras. A avaliação da similaridade e o agrupamento para o fluxo de nutrientes entre os fragmentos foram realizados adotando-se o método de distância de Bray-Curtis, com ligação beta-flexível ($\beta = -0,25$) aplicado aos dados de teores de nutrientes e da taxa de deposição de serapilheira por fragmento, utilizando-se o programa PC-ORD 4.0 (McCune & Mefford, 1999).

A amostragem de solo para avaliação de sua fertilidade foi feita inteiramente ao acaso, coletando-se três amostras compostas por área à profundidade de 5 cm. Cada amostra composta foi formada a partir de 10 amostras simples na parcela do experimento. As amostras utilizadas nas análises dos atributos químicos foram submetidas às seguintes determinações: pH em água, Al^{3+} , teores trocáveis de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , e fósforo assimilável (P), segundo Embrapa (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias referentes à produção de serapilheira bem como a contribuição de cada uma das frações avaliadas para aporte total nos quatro fragmentos estudados são apresentadas na Tabela 1.

A produção média de serapilheira para os quatro fragmentos foi de 4,9 Mg ha⁻¹. Este resultado assemelha-se aos resultados verificados por Freire (2006) e Gondim (2005), estudando áreas de Floresta Ombrófila Densa na mesma região (5,61 Mg ha⁻¹ e 4,90 Mg ha⁻¹, respectivamente) e Portes et al. (1998), estudando uma área de Floresta Ombrófila Densa no Estado do Paraná (4,70 Mg ha⁻¹), indicando um possível padrão na produção de serapilheira para esta formação vegetal. Com relação aos aportes mínimos, máximos e totais nas quatro áreas, observou-se uma tendência de maior deposição para o fragmento de 8 ha e, para aporte total, o menor valor correspondeu ao maior dos fragmentos, com 62 ha de área. Contudo, a produção total de serapilheira encontrada não apresentou correlação com o tamanho dos fragmentos ($r = -0,36$; $p = 0,006$), possivelmente em função do reduzido número de tratamentos. Este padrão difere do observado por Portela & Santos (2007) que, avaliando a produção de serapilheira em fragmentos de floresta Atlântica

Tabela 1. Produção de serapilheira em Mg ha⁻¹ e contribuição percentual das diferentes frações para os quatro fragmentos de floresta secundária estudados, no período de fevereiro a dezembro de 2004, Teresópolis, RJ

Table 1. Litter fall production (Mg ha⁻¹) and percentual contribution of the different fractions for the four secondary forest fragments studied from February to December 2004, in the area of Teresópolis, RJ, Brazil

Fragmentos	Produção			Fração			
	Min.	Máx.	Total	Folhas	Galhos	Mat. Rep.	Resíduos
	-----Mg ha ⁻¹ -----			-----%-----			
3,2 ha	0,20	0,86	4,74	72,0	14,1	3,4	10,5
8 ha	0,28	1,15	5,50	71,6	14,2	3,1	11,1
23 ha	0,26	0,74	4,96	66,1	16,3	8,8	8,8
62 ha	0,15	1,06	4,40	67,3	11,9	11,9	9,2

Legenda: Min - aporte mínimo registrado; Máx. - aporte máximo registrado; Mat. Rep. - material reprodutivo

de diferentes dimensões, verificaram uma dependência entre a produção e o tamanho dos fragmentos estudados.

Observando-se a amplitude de variação da deposição do material formador de serapilheira, verificou-se que, para os quatro fragmentos, os valores máximos ocorreram no mês de outubro e os mínimos foram registrados no mês de abril, a exceção do fragmento de maior área (62 ha), cujo menor valor de aporte foi registrado em julho. Estes resultados são corroborados pela observação da Figura 1, segundo a qual a deposição de serapilheira nos fragmentos apresentou comportamento sazonal, caracterizado por uma maior produção ao final da estação seca e início da estação chuvosa (nos meses de setembro a novembro) e menor deposição no intervalo de abril a julho. Ao longo dos demais meses, houve uma variação marcada, principalmente, pela oscilação pluviométrica da região na qual ocorreu uma estação seca acentuada, entre os meses maio e outubro. Contudo, os resultados encontrados na mesma região por Freire (2006) diferem quanto à época de maior deposição. Segundo este autor, os meses de maior deposição foram março ($0,85 \pm 0,06 \text{ Mg ha}^{-1}$), junho ($0,90 \pm 0,04 \text{ Mg ha}^{-1}$) e janeiro ($0,92 \pm 0,04 \text{ Mg ha}^{-1}$).

Com relação às frações do material formador de serapilheira, de maneira geral, observou-se que, independente do tamanho do fragmento, a fração foliar foi a que mais contribuiu para o aporte total, principalmente no mês de outubro (fim da estação seca), seguida da fração galhos. A influência da sazonalidade na deposição do material formador de serapilheira aportado ao solo tem sido bastante discutida na região tropical (Golley et al., 1978; Dias & Oliveira-Filho, 1997; Figueiredo-Filho et al., 2003). Segundo Gonzalez & Gallardo (1982), a temperatura e a precipitação são as variáveis climáticas que, possivelmente, exercem a maior influência na quantidade e composição do material aportado. Com relação à temperatura, observa-se uma menor produção em regiões de temperaturas mais amenas do que nas regiões tropicais (Andrade et al., 1999). Em função da precipitação, altos

índices pluviométricos proporcionam a queda de maior quantidade de material lenhoso (Martínez-Ramos et al., 1988), principalmente após um período seco intenso (Vidal et al., 2007). Já em condições de baixa precipitação, como em estações secas, é registrado o máximo de queda de folhas, como uma tentativa de redução da perda de água por parte dos vegetais (Haines & Foster, 1997).

Desta forma, sugere-se que a maior produção de serapilheira, observada no período de setembro a novembro, deve-se tanto à grande deposição de folhas ao final do pronunciado período seco registrado, quanto à maior queda de galhos secos que permaneciam unidos às plantas, no início da estação chuvosa.

Com relação à fração foliar, esta representou, em média, 69,3 % do total do material aportado. Este padrão se assemelha ao observado por Freire (2006) cujos estudos mostraram que a fração foliar foi a que mais contribuiu para o aporte total, com $3,41 \pm 0,79 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, representando 60,9 % do material aportado. No presente estudo, o maior aporte registrado no mês de outubro foi devido, provavelmente, à maior incidência de ventos neste período, como sugerido para outras áreas (Dias & Oliveira-Filho, 1997; Martins & Rodrigues, 1999). Notou-se também, para esta fração, que sua contribuição, em relação às demais foi relativamente maior no fragmento com o maior grau de perturbação, dado, possivelmente, em função de sua reduzida área (3,2 ha) que pode expor suas populações associadas a potenciais efeitos da borda. Este padrão se assemelha ao observado por Leitão-Filho et al. (1993) que, estudando florestas no estado de São Paulo, verificaram maior produção de folhas nas áreas mais perturbadas. Desta forma, sugere-se que a composição do material formador de serapilheira pode ser indicador do estado de conservação ou perturbação de diferentes áreas naturais.

No que se refere à fração galhos, sua contribuição para o fluxo do material aportado também se assemelhou ao observado por Freire (2006), que verificou uma contribuição média mensal de $0,61 \text{ Mg ha}^{-1}$ para esta fração, representando

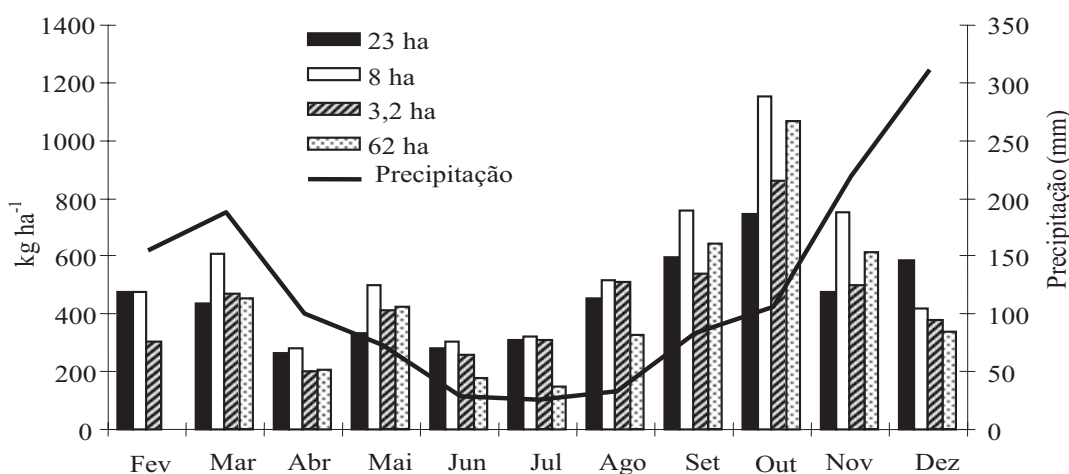


Figura 1. Deposição mensal de serapilheira nos fragmentos durante o período de estudo e precipitação média da região nos últimos 10 anos

Figure 1. Monthly litter fall deposition in the fragments during the study period and medium precipitation in the area in the last 10 years

13 % do material aportado. Os maiores valores de deposição de material lenhoso foram observados nos meses de novembro (para os fragmentos de 3,2 ha, 8 ha e 62 ha) e dezembro (para o de 23 ha), que corresponderam aos meses de maiores índices pluviométricos, possivelmente em função da queda de muitos ramos secos que ainda permaneciam unidos à planta, como sugerido por Vidal et al. (2007) estudando um fragmento de floresta Atlântica no estado de São Paulo. Esta hipótese é corroborada pela análise da Tabela 2, segundo a qual a precipitação apresentou uma correlação significativamente positiva com o aporte da fração galhos, indicando que o padrão observado para esta fração, de fato, relaciona-se à pluviosidade. Outra variável ambiental que, possivelmente, também contribuiu para a maior deposição de galhos, nos meses de novembro e dezembro, foram os ventos. Após um período seco pronunciado com grande deposição de folhas, os ventos apresentam maior capacidade de penetração no interior da floresta que está mais aberta (Portela & Santos, 2007), como demonstrado por Dias & Oliveira-Filho (1997) e Martins & Rodrigues (1999), avaliando a produção de serapilheira em áreas de Floresta Estacional Semidecídua localizadas em Lavras – MG e em Campinas – SP, respectivamente.

Com relação ao efeito de borda, as parcelas não apresentaram diferença significativa no aporte de serapilheira quando comparadas dentro dos fragmentos ($F = 1,057$; $p = 0,375$) ou entre estes ($F = 1,562$; $p = 0,154$). Os fragmentos não apresentaram qualquer variação significativa quanto à deposição de serapilheira em relação à borda ($F = 2,259$; $p = 0,093$) (Figura 2), provavelmente, em função do tempo de isolamento das áreas, há cerca de 90 a 100 anos. Porém, no mês de novembro de 2004, os proprietários da área onde se situa o fragmento de 23 ha realizaram uma poda da vegetação onde estavam instalados os coletores, o que se refletiu no aumento da deposição no mês de dezembro nas parcelas localizadas a até 65 metros da borda do fragmento.

Rodrigues (1998) citou que fragmentos de diferentes tamanhos apresentariam diferenças na estrutura arbórea para

as mesmas distâncias da borda. Bierregaard et al. (1992) sugeriu que deve haver um aumento nas taxas de deposição de serapilheira logo após a criação da borda, o que, conforme Sizer (2000), ocorre nos primeiros 50 metros em relação à borda, mas somente durante os primeiros 18 meses de fragmentação, e que para a parcela localizada a 100 m da borda, não apresentou diferença significativa.

Com relação aos teores médios dos nutrientes por área, os menores valores foram verificados para o fósforo, que foi estatisticamente semelhante entre as áreas. Já os maiores teores de nutrientes aportados foram observados para K ($F = 8,1$; $p = 7,69$) e Ca ($F = 135$; $p = 21,1$) seguidos do Mg ($F = 3,34$; $p = 16,3$), para os quais observou-se diferença entre os fragmentos (Tabela 3).

Independentemente do fragmento, houve diferença significativa, entre os meses analisados, para a deposição de P ($F = 8,78$; $p < 0,01$), K ($F = 10,39$; $p < 0,01$) e Ca ($F = 3,92$; $p = 0,09$), sendo o Mg indiferente ao período de amostragem. O mês que apresentou os maiores teores totais de nutrientes, quando somados os teores de todas as áreas, foi abril em decorrência dos maiores conteúdos de cálcio ($59,5 \text{ g kg}^{-1}$) e

Tabela 2. Coeficiente de correlação (r) entre as frações da serapilheira depositada e as variáveis climáticas, no período de fevereiro a dezembro de 2004, Teresópolis, RJ ($n=4$)

Table 2. Correlation coefficient (r) among litter fall fractions deposited and climatic variables from February to December 2004, in the area of Teresópolis, RJ, Brazil ($n=4$)

Frações	Precipitação	Temperatura média		
		Média	Máxima	Mínima
Folhas	0,038	0,002	0,077	0,069
Galhos	0,746	0,395	0,264	0,494
Mat. Reprodutivo	0,234	0,511	0,504	0,502
Resíduos	0,146	0,379	0,381	0,366

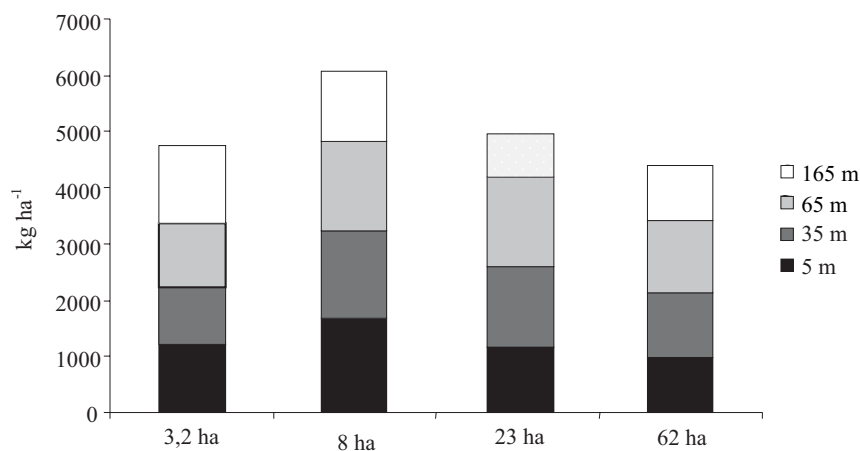


Figura 2. Variação na deposição de serapilheira em relação à distância da borda no ano de 2004, nas quatro áreas de estudo, Teresópolis, RJ.

Figure 2. Litter devolution variation in relation to the border distance in the year of 2004, in the four study areas of Teresópolis, RJ, Brazil

Tabela 3. Teor médio dos macronutrientes das folhas de serapilheira aportadas, no período de fevereiro a dezembro de 2004, na região de Teresópolis, RJ

Table 3. Mean content of macronutrients in contributed litter fall leaves, from February to December 2004, in Teresópolis, RJ, Brazil

Fragmentos	Mês	Nutrientes g kg ⁻¹			
		P	K	Ca	Mg
3,2 ha	Abril	0,5 a	1,6 a	17,7 a	2,9 a
	Junho	0,5 a	2,3 a	8,8 b	2,3 b
	Agosto	0,4 a	4,1 a	9,9 b	1,7 b
	Outubro	0,4 a	1,6 a	14,0 a	1,9 b
	Dezembro	0,8 a	2,0 a	16,0 a	2,7 a
	Média	0,5 A	2,3 B	13,3 B	2,3 C
8 ha	Abril	0,5 a	3,1 a	21,0 a	3,7 a
	Junho	0,6 a	5,3 b	15,4 b	3,5 a
	Agosto	0,4 a	5,5 b	16,0 b	3,4 a
	Outubro	0,5 a	2,3 a	18,4 a	3,1 a
	Dezembro	0,8 a	2,5 a	13,8 b	2,7 a
	Média	0,6 A	3,7 A	16,9 A	3,3 A
23 ha	Abril	0,3 a	2,8 ns	11,8 a	3,4 a
	Junho	0,4 a	4,0 ns	8,5 b	2,7 a
	Agosto	0,4 a	2,5 ns	12,4 a	3,3 a
	Outubro	0,5 a	2,8 ns	11,6 a	3,3 a
	Dezembro	0,6 a	3,5 ns	8,5 b	2,7 a
	Média	0,5 A	3,1 A	10,6 C	3,0 A
62 ha	Abril	0,5 a	1,00 a	8,6 a	2,3 a
	Junho	0,6 a	3,67 b	12,9 a	2,0 a
	Agosto	0,4 b	3,67 b	10,5 a	2,9 b
	Outubro	0,4 b	1,17 a	11,9 a	2,8 b
	Dezembro	0,6 a	1,33 a	9,3 a	2,2 a
	Média	0,5 A	2,17 B	10,6 C	2,4 C

* Médias por área seguidas pela mesma letra minúscula e médias entre áreas seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

magnésio (12,3 g kg⁻¹) registrados neste mês. O maior teor de fósforo (3,0 g kg⁻¹) correspondeu ao mês de dezembro, e agosto foi o mês que apresentou os maiores teores de potássio (15,8 g kg⁻¹).

Por outro lado, a exceção do P ($F = 0,82$; $p = 0,632$), foi verificada interação significativa entre o fragmento e o mês para os nutrientes K ($F = 1,96$; $p = 0,056$), Ca ($F = 3,27$; $p = 0,02$) e Mg ($F = 2,41$; $p = 0,019$). No entanto, para o fósforo, o fato de ter se obtido valor de $F < 1$ demonstra que houve maior variação entre os meses do que entre os locais para este elemento. Esta hipótese é confirmada pelo fato de não ter sido verificada diferença significativa para o teor de P ($F = 1,94$; $p = 0,14$) entre os fragmentos.

Em relação aos atributos químicos dos solos, observou-se baixa fertilidade natural dos dois maiores fragmentos (23 e 62 ha), porém os menores fragmentos (3,2 e 8 ha) apresentaram altos valores de cálcio e potássio, e baixos valores de alumínio trocável (Tabela 4). Os teores dos elementos químicos no solo são uma função da presença destes no perfil e também da quantidade retida pela vegetação (Cunha, 2007; Menezes, 2008) e aportada ao solo através do

Tabela 4. Teores médios de nutrientes do solo em fragmentos florestais, com diferentes tamanhos, no ano de 2004, na região de Teresópolis, RJ

Table 4. Mean content of soil nutrients in forest fragments with different sizes, in the year 2004, in Teresópolis, RJ, Brazil

Fragmentos	pH	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al
3,2 ha	5,6	4,0	147,0	9,1	6,8	2,2	0,1
8 ha	5,2	5,7	66,1	6,7	4,9	1,9	0,4
23 ha	4,5	4,8	58,0	3,0	2,0	1,1	1,3
62 ha	4,3	3,4	34,6	1,8	1,0	0,9	2,2

processo de ciclagem, onde os nutrientes se tornam disponíveis por meio da decomposição da serapilheira depositada no piso florestal (Andrade et al., 1999). Desta forma, uma vez que o K e o Ca foram os elementos mais abundantes na serapilheira dos fragmentos estudados (Figura 3), o maior conteúdo destes nutrientes nos solos dos menores fragmentos, deve-se ao maior fluxo via serapilheira, principalmente pela fração foliar.

Ao longo do período estudado, a contribuição média de nutrientes devolvidas para o solo nas áreas de estudo por meio do aporte de serapilheira foi de 3,05 kg ha⁻¹ de fósforo; 16,2 kg ha⁻¹ de potássio; 71,6 kg ha⁻¹ de cálcio e 15,6 kg ha⁻¹ de magnésio (Tabela 5). Estes valores foram maiores que os observados em outras florestas tropicais (Golley et al., 1978; UNESCO, 1978; Sampaio et al., 1988). Com relação ao retorno de macronutrientes via serapilheira, observou-se a seguinte ordem: Ca>K>Mg>P, semelhante ao verificado por Oliveira (1997) que, estudando um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Submontana em Piracicaba – SP, encontrou uma produção de serapilheira de 14,71 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, com retorno de nutrientes na ordem: Ca>N>K>Mg>P.

O maior estoque de nutrientes, avaliado pelo somatório de P, K, Ca e Mg, foi encontrado para os fragmentos de tamanho médio, 8 ha (162 kg ha⁻¹) e 23 ha (93,0 kg ha⁻¹), seguidos pelo fragmento de 3,2 ha (90,5 kg ha⁻¹) e pelo maior deles, de 62 ha (79,8 kg ha⁻¹). Apesar de possivelmente não haver diferença entre o aporte das áreas, o fragmento de 23 ha devolveu a maior quantidade de nutrientes para o solo, principalmente Ca, em função da produção de serapilheira que, em comparação com as demais áreas, apresentou uma tendência de aumento, tanto mínima e máxima quanto total. Este fragmento apresenta maior diversidade de espécies (F.C.M. Piña-Rodrigues, observação pessoal) e disponibilidade de água. Dados de campo coletados também indicaram uma maior diversidade de aves para este fragmento (A. Piratleii, informação pessoal). Estes dados evidenciam um menor estágio de degradação, refletindo na deposição de serapilheira e na boa fertilidade para este fragmento.

Na análise de similaridade, houve a formação de dois grupos distintos em relação ao estoque de nutrientes (Figura 4). O maior (62 ha) e o menor (3,2 ha) fragmento, juntamente com o fragmento de 23 ha de área, apresentaram maior similaridade, sendo distintos do fragmento de 8 ha. Uma vez que os teores de nutrientes foram correlacionados

Tabela 5. Estoque de nutrientes aportados nas diferentes áreas no período de fevereiro a dezembro de 2004, Teresópolis, RJ.

Table 5. Stock of nutrients contributing in the different areas in the period from February to December 2004, Teresópolis, RJ, Brazil

Fragmentos	P	K	Ca	Mg
-----kg ha ⁻¹ ano-----				
3,2 ha	2,71	11,53	64,9	11,4
8 ha	4,10	24,8	111,7	21,9
23 ha	2,7	17,5	56,3	16,5
62 ha	2,74	10,9	53,7	12,5

significativamente com o aporte total de biomassa, os resultados para a análise de similaridade possivelmente decorrem da tendência de maior deposição de serapilheira (Figura 1, Tabela 1) em associação aos maiores aportes de nutrientes observados para o fragmento de 8 ha (Figura 3, Tabela 5), o que o distanciou dos demais. Estes resultados confirmam os dados citados por Golley et al. (1978), em estudo de ciclagem de nutrientes desenvolvido em floresta tropical úmida do Panamá, que encontraram a maior devolução de K, Ca e Mg no fluxo de serapilheira.

Diferindo do aporte total de serapilheira, o fluxo de nutrientes apresentou relação com o tamanho dos fragmentos, de forma que o K ($r^2 = 0,93$; $p < 0,01$) e o Mg ($r^2 = 0,92$;

$p < 0,01$) apresentaram tendência a respostas em relação ao tamanho do fragmento. Quando se observam os padrões de curvas obtidas, os fragmentos de tamanho médio (8 ha e 23 ha) apresentaram valores mais altos, enquanto os fragmentos de menor (3,2 ha) e maior área (62 ha) apresentaram os teores mais baixos, não diferindo entre si significativamente pelo teste Tukey ($p = 0,05$). Apesar do aparente contra-senso, em relação ao maior e o menor fragmento desenvolverem padrão semelhante, ambos apresentam como similaridade o grau de degradação. Gondim (2005) estudando estas mesmas áreas de estudos constatou que, tanto o menor fragmento quanto a vertente estudada do fragmento de 62 ha, apresentaram características de degradação semelhantes, com grande ocorrência de clareiras, espécies arbóreas invasoras, trepadeiras e cipós, sendo ambos distintos dos dois outros fragmentos, os quais foram considerados similares em relação aos indicadores ambientais testados pelo autor. Por outro lado, a deposição total de serapilheira ($r^2 = 0,65$; $p < 0,01$) também apresentou padrão semelhante sendo altamente correlacionada com os teores de K ($r = 0,93$) e Mg ($r = 0,93$). Desta forma, sugere-se que os teores de K e Mg podem ter sido mais influenciados pelo estágio de degradação e pelos totais aportados de serapilheira, ou outros fatores não analisados, do que pelo tamanho em si do fragmento. O mesmo pode-se considerar em relação à quantidade total de material de serapilheira depositada nas áreas estudadas, com menores valores nas mais degradadas (3,2 e 62 ha).

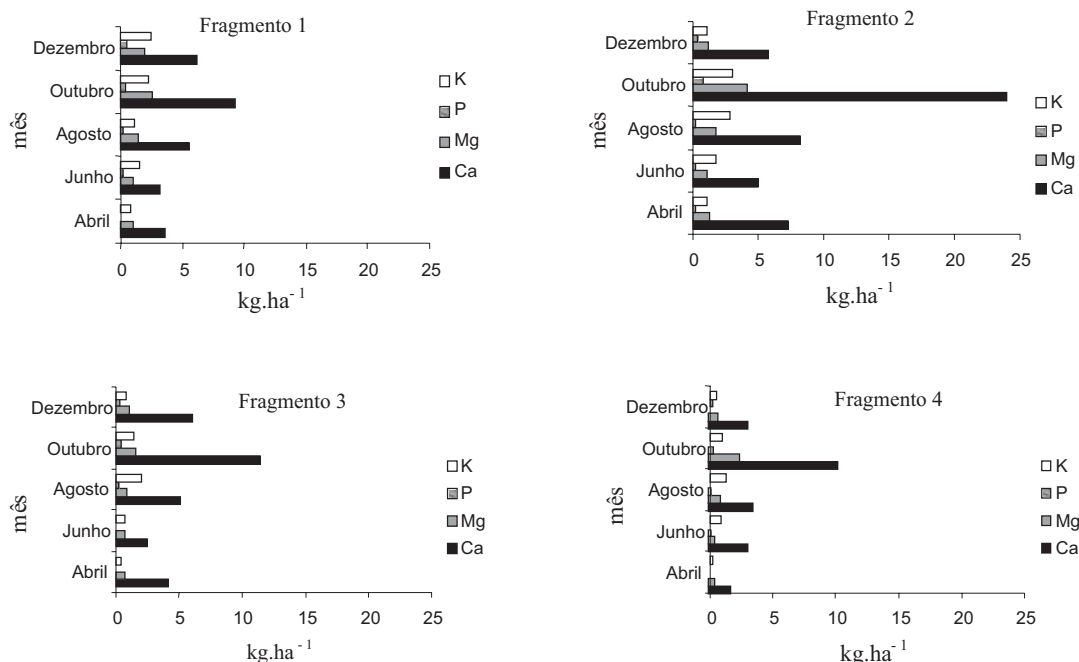


Figura 3. Entrada mensal de P, K, Ca e Mg via serapilheira dos fragmentos florestais, no ano de 2004, na região de Teresópolis, RJ. Legenda: Fragmento 1 – fragmento de 23 ha de área; Fragmento 2 – fragmento de 8 ha; Fragmento 3 – fragmento de menor dimensão (3,2 ha); Fragmento 4 – maior fragmento (62 ha)

Figure 3. Monthly inputs of P, K, Ca and Mg by litter fall of the forest fragments, in the year of 2004, in the Teresópolis, RJ, Brazil. Fragment1 – Fragment of 23 ha area; Fragment 2 – fragment of 8 ha; Fragment 3 – small scale fragment (3.2 ha); Fragment 4 – larger fragment 962 ha)

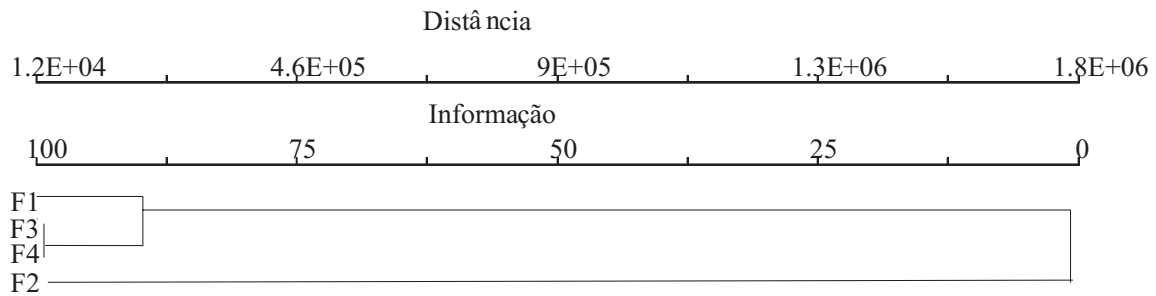


Figura 4. Dendrograma resultante de análise de agrupamento em relação ao fluxo de nutrientes (P, K, Ca e Mg) em fragmentos florestais, na região de Teresópolis, RJ. Legenda: F1 – fragmento de 23 ha de área; F2 – fragmento de 8 ha; F3 – fragmento de menor dimensão (3,2 ha); F4 – maior fragmento (62 ha)

Figure 4. Dendrogram resulting from grouping analysis in relation nutrients flow (P, K, Ca and Mg) in forest fragments, in Teresopolis region, RJ, Brazil. Legend: F1 – fragment of 23 ha area; F2 – fragment of 8 ha; F3 – small scale fragment (3.2 ha); larger fragment (62 ha)

CONCLUSÕES

A deposição de serapilheira apresentou padrões sazonais, aportando maior quantidade de material na transição do período seco e início do período das chuvas. O padrão de deposição do total de serapilheira aportada não apresentou diferença entre a borda e o interior dos fragmentos, e não foi observada correlação com o tamanho dos remanescentes avaliados.

Diferindo, o fluxo de nutrientes, além de apresentar relação com o tamanho dos fragmentos, mostrou-se bastante variável entre os meses e as áreas, sendo verificado maior valor de K e Ca no material aportado.

Nesta linha de pesquisa de indicadores, a serapilheira apresenta-se como potencial indicador de sítio, refletindo o conjunto de atributos físicos e biológicos daquele local específico onde se desenvolveram os estudos.

LITERATURA CITADA

- Andrade, A.G.; Caballero, S.S.U.; Faria, A.M. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 22p. (Documentos, 13).
- Bertoni, J.E.; Martins, F.R.; Moraes, J.L.; Shepherd, G.J. Composição florística do Parque Estadual de Vassununga, Santa Rita do Passa Quatro. Boletim Técnico do Instituto Florestal, n.42, p.149-170, 1988.
- Bierregaard, R.O.; Lovejoy, T.E.; Kapos, V.; Santos, A.A.; Hutchings, R.W. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. *BioScience*, v.42, n.11, p. 859-866, 1992.
- Câmara, I.G.; Coimbra-Filho, A.F. Proposta para uma política de conservação ambiental para o estado do Rio de Janeiro. In: Bergalho, H.G.; Rocha, C.F.D.; Alves, M.A.S.; van Sluys, M. (Org.). A fauna ameaçada de extinção do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2000. p.75-78.
- Cunha, M. E. T. Indicadores químicos do efeito de borda em fragmentos de floresta da região de Londrina, Paraná. Londrina: Universidade Estadual de Londrina. 2007. 64p Tese Doutorado.
- Dean, W. A. Ferro e Fogo: A história da devastação da mata atlântica brasileira. São Paulo: Cia. das Letras, 2002. 484p.
- Dias, H.C.T.; Oliveira-Filho, A.T. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de Floresta Estacional Semidecídua Montana em Lavras - MG. *Revista Árvore*, v.21, n.1, p.11-26, 1997.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306p.
- Figueiredo-Filho, A.; Moraes, G.F.; Schaaf, L.B.; Figueiredo, D.J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do Estado do Paraná. *Ciência Florestal*, v.13, n.1, p.11-18, 2003.
- Freire, M. Chuva de sementes, banco de sementes do solo e deposição de serapilheira como bioindicadores ambientais. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. 69p. Dissertação Mestrado.
- Fundação SOS Mata Atlântica/INPE. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 1995-2000. Relatório Parcial. São Paulo, 2001. 47p.
- Golley, F.B.; MCGinnis, J.T.; Clements, R.G.; Child, G.L.; Duever, M.J. Ciclagem de minerais em ecossistemas de floresta tropical úmida. São Paulo: EPU/EDUSP, 1978. 256p.
- Gondim, F.R. Aporte de serrapilheira e chuva de sementes como bioindicadores de recuperação ambiental em fragmentos da floresta atlântica. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2005. 83p. Dissertação Mestrado.
- Gonzalez, M.I.M.; Gallardo, J.F. El efecto hojarasca: una revision. *Anales de Edafologia y Agrobiologia*, v. 41, n.5-6, p.1129-1157, 1982.
- Haag, H.P. Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 114p.
- Haines, B.; Foster, R.B. Energy flow through litter in a Panamanian forest. *Journal of Ecology*, v. 65, n. 1, p 147-155, 1997.

- Leitão-Filho, H.F. Aspectos taxonômicos das florestas do Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo*, v.16A, parte 1, p.197-206, 1982.
- Leitão-Filho, H. F.; Pagano, S. N.; Cesar, O.; Timoni, J. L.; Rueda, J. J. *Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão*. São Paulo: Editora da UNESP, 1993. 184p.
- Martínez-Ramos, M.; Alvarez-Buylla, E.; Sarukhán, J.; Piñero, D. Treefall age determination and gap dynamics in a tropical forest. *Journal of Ecology*, v. 76, n. 3, p. 700-716, 1988.
- MCCune, B.; Mefford, M.J. *Multivariate analysis of ecological data*. Version 4.01. Gleneden-Beach: MjM Software, 1999. 237p.
- Martins, S.V.; Rodrigues, R.R. Litter production in gaps of a tropical semideciduous forest in the municipal district of Campinas, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 22, n. 3, p.405-412, 1999.
- Menezes, C. E. G. *Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ*. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 174p. 2008. Tese Doutorado.
- Murcia, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Tree*, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.
- Oliveira, R.E. Aspectos da dinâmica de um fragmento florestal em Piracicaba, SP: silvigenese e ciclagem de nutrientes. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 79p. Dissertação Mestrado.
- Poggiani, F.; Zamberlam, E.; Monteiro JR., E.; Gava, I.C. Quantificação da deposição de folheto em talhões experimentais de *Pinus taeda*, *Eucalyptus viminalis* e *Mimosa scrabella* plantados em uma área degradada pela mineração de xisto betuminoso. *IPEF*, n.37, p.21-29, 1987.
- Portela, R.C.Q.; Santos, F.A.M. Produção e espessura da serapilheira na borda e interior de fragmentos florestais de Mata Atlântica de diferentes tamanhos. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 30, n. 2, p. 271-280, 2007.
- Portes, M. C. G. O.; Koehler, A.; Galvão, F. Variação sazonal da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila densa Altomontana no morro do Anhangava - PR. *Revista Floresta*, v. 26, n.1-2, p. 3 -10, 1998.
- RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. v.32. Folhas SF 23/24. Rio de Janeiro-Vitória. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983. 775p.
- Rodrigues, E. Edge effects on the regeneration of forest fragments in south Brazil. Cambridge: Harvard University, 1998. 172p. Tese Doutorado.
- Sampaio, E.V.S.B.; Nunes, K.S.; Lemos, E.E.P. Ciclagem de nutrientes na mata de Dois Irmãos (Recife-PE) através da queda de material vegetal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 23, n. 10, p. 1055-1061, 1988.
- Schellas, J.; Greenberg, R. Introduction: the value of forest patches. In: Schellas, J.; Greenberg, R. (Ed.). *Forest patches in tropical landscapes*. Washington, D.C.: Islands Press, 1996. p.15-35.
- Sizer, N. *Perverse habits: the G8 and subsidies that harm forests and economies*. Washington: World Resources Institute, 2000. 16p.
- Tedesco, M.J.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S.J. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - UNESCO. *Tropical forest ecosystems: a state of knowledge*. Paris: UNESCO/UNEP/FAO, 1978. p. 233-288. (Natural Resources Research XIV).
- Viana, V. M., Tabanez A. J., Aguirre, J. Recuperação e manejo de fragmentos florestais naturais. *Silvicultura em São Paulo*, v.16A, parte 2, p.400-407, 1982.
- Vidal, M.M.; Pivello, V.R.; Meirelles, S.T.; Metzger, J.P. Produção de serapilheira em floresta atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 30, n. 3, p 521-532, 2007.
- Zar, J. H. *Biostatistical analysis*. 4th. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1999. 663p.