

Aporte de Serapilheira e Nutrientes em Área de Restauração Florestal com Diferentes Espaçamentos de Plantio

Ester Bullich Villa¹, Marcos Gervasio Pereira², Jorge Makhouta Alonso¹, Sidinei Júlio Beutler¹, Paulo Sérgio dos Santos Leles¹

¹Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica/RJ, Brasil

²Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica/RJ, Brasil

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram avaliar a deposição de serapilheira ao longo de dois anos e a qualidade nutricional da serapilheira, em função do espaçamento de plantio visando à restauração florestal. Os espaçamentos de plantio 1×1 ; $1,5 \times 1,5$; 2×2 e 3×2 m, constituem as unidades amostrais dos tratamentos. No espaçamento 1×1 m foi observada a maior deposição de serapilheira, não havendo diferenças entre as unidades dos demais espaçamentos. A fração folha mostrou, em todos os espaçamentos, maior aporte de serapilheira (77%). O maior conteúdo de nutrientes foi observado no espaçamento 1×1 m. Em geral, constatou-se a seguinte ordem quanto o conteúdo de nutrientes da serapilheira $N > Ca > K > Mg > P$.

Palavras-chave: nutrição florestal, ciclagem de nutrientes, material decíduo.

Litter Production and Forest Nutrients in Forest Restoration Area with Different Planting Spacing

ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate the deposition of litter over two years and the nutritional quality of the litter, depending on the planting space aimed at forest restoration. The planting space 1×1 , 1.5×1.5 , 2×2 and 3×2 m, are the sampling units of the treatments. In 1×1 m spacing greater deposition of litter, with no differences between the units other spacings was observed. Leaf fraction showed, in all spacings, greater intake of litter (77%). The higher nutrient content was observed in the 1×1 m spacing. In general, was observed the following order as the nutrient content of litter $N > Ca > K > Mg > P$.

Keywords: Forest nutrition, nutrient cycling, deciduous material.

1. INTRODUÇÃO

A produção de serapilheira e a devolução de nutrientes em ecossistemas florestais constituem a via mais importante do ciclo biogeoquímico de nutrientes (fluxo no sistema solo-planta-solo). Esse ciclo, juntamente com o bioquímico (circulação de nutrientes no interior da planta), permite que as árvores possam sintetizar a matéria orgânica através da fotossíntese, reciclando os nutrientes, que tem papel de grande relevância em solos altamente intemperizados onde a biomassa vegetal passa a funcionar como principal reservatório de nutrientes (Schumacher et al., 2003; Gomes et al., 2010).

Os fatores mais importantes que afetam a quantidade de serapilheira produzida estão relacionados com os aspectos ambientais, com destaque para a precipitação (quantidade e distribuição), as características das espécies (Correia & Andrade, 2008) e o tipo de técnicas silviculturais empregadas, entre estas a densidade de plantio (Araújo et al., 2006; Lisboa, 2010).

As espécies florestais normalmente apresentam deposição de serapilheira, sendo que esta ocorre em ambientes tropicais principalmente nos períodos secos, como uma estratégia para minimizar os efeitos da menor disponibilidade de água. Segundo Larcher (2000) com uma menor quantidade de folhas, diminui-se a taxa de transpiração e conseqüentemente a perda de água, sendo a senescência parte integrante do ciclo de vida dos vegetais (Whatley & Whatley, 1982).

A escolha inicial de espécies florestais, para a formação de maciços, pode refletir-se na sazonalidade, na quantidade e na qualidade da serapilheira produzida alterando, conseqüentemente, as características químicas do solo e a cadeia alimentar resultante de sua decomposição (Poggiani & Schumacher, 2000). As espécies pioneiras, segundo Benvenuti-Ferreira et al. (2009), normalmente aportam maior quantidade de serapilheira que as secundárias. É importante a presença de espécies com aportes complementares para manter-se um estoque regular de serapilheira ao longo do ano, como salientam Müller et al. (2009) para em área com predominância de *Schinus terebinthifolius* e Jaramillo-Botero et al. (2008) com *Schizolobium parayba*.

O arranjo das espécies e o espaçamento, segundo Machado et al. (2008) afetam a quantidade e a distribuição vertical e horizontal do material formador de serapilheira.

Os sistemas adensados empregam alta densidade de plantas, e normalmente alta diversidade de espécies (Piña-Rodrigues et al., 1997), ajudando no aporte de nutrientes, em termos de quantidade e de distribuição mais uniforme durante as épocas do ano. Além disso, auxiliam no recobrimento do solo, conseqüentemente na manutenção da umidade, diminuindo o risco de erosão e incêndios na época da seca, principalmente em povoamentos próximos às áreas urbanas.

Araújo et al. (2006) em Poço das Antas (RJ), acompanhando áreas em revegetação com três espaçamentos, adensado (0,5 × 0,5 m), semi-adensado (1 × 1 m) e tradicional (2 × 2 m), não observaram influencia do espaçamento na deposição de serapilheira, quantificando valores entorno de 10 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo estes superiores aos obtidos em área adjacente de mata primária e inferiores aos observados em área de floresta secundária (aproximadamente 12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹). Por outro lado, Lisboa (2010), avaliando o povoamento do mesmo local desse estudo, aos quatro anos após plantio, observou diferenças na deposição de serapilheira entre 7,0 e 3,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente nos espaçamentos 1 × 1 e 3 × 2 m, considerando que espaçamentos mais densos promovem maior desrama natural e derrubada de folhas, e portanto maior aporte de serapilheira, pela menor disponibilidade de radiação solar.

O teor de nutrientes na serapilheira pode variar, para uma mesma espécie, em função do sítio, das características da planta e do próprio elemento dentro do mesmo espaçamento de plantio (Schumacher et al., 2004). Read & Lawrence (2003) reportam que em áreas tropicais ocorrem concentrações maiores de N e P na serapilheira na época chuvosa, provavelmente como resultado da translocação desses nutrientes na planta na época da seca. Enquanto Macedo et al. (2008), relatam que existem diferenças no aporte de serapilheira na época seca e na de chuva. Na época chuvosa são observados maiores estoques de N na serapilheira em decomposição e na época seca de P, não sendo encontradas diferenças das concentrações de Ca + Mg da serapilheira, em função da época de avaliação. Segundo Boerger et al. (2005), as folhas senescentes tendem a conter maiores concentrações relativas de Ca + Mg em comparação aos teores de N, P e K, nutrientes que são translocados pela planta quando submetida a estresse hídrico.

A partir do exposto os objetivos desse estudo foram avaliar a deposição de serapilheira ao longo de dois anos, o aporte de serapilheira em época seca e chuvosa e a qualidade nutricional da serapilheira, em função do espaçamento de plantio, visando à restauração florestal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Seropédica, estado do Rio de Janeiro, em área da Usina Termoeletrica (UTE) Barbosa Lima Sobrinho, propriedade da Petrobras, as margens do Rio Guandu, sendo as coordenadas geográficas 22° 43' 05.25" S e 43° 38' 30.42" O. O clima na região é do tipo Aw, tropical com chuvas de verão, segundo a classificação de Köppen. Na série histórica, dos últimos 20 anos da Estação Meteorológica da Pesagro-RJ, a precipitação pluvial média anual foi de 1.245 mm, com o período mais seco nos meses de junho, julho e agosto, e excedentes hídricos em dezembro, janeiro e fevereiro. O tempo médio de insolação anual é de 2.527 h, a média anual da evaporação é de 1.576 mm e a umidade relativa do ar 69,3%.

A área de estudo encontra-se a 30 m de altitude em relação ao nível do mar, apresentando topografia plana e cobertura vegetal, antes do reflorestamento, com predomínio de capim colônio (*Panicum maximum*). Segundo Salamene et al. (2011) essa área e seu entorno podem ser classificadas como várzea fluvial, onde no período de 1935 a 1941 foram realizadas obras de drenagem e redirecionamento do rio, com as quais se

criou uma área menos úmida, devido a necessidade de evitar a acumulação de sedimentos na calha.

O solo foi classificado como Cambissolo Flúvico (Tabela 1) apresentando, principalmente, textura franco-arenosa, distribuição errática no teor de argila ao longo do perfil, provavelmente por influência de processos de formação, de natureza flúvica-colúvial. Ainda observou-se para os atributos químicos maiores valores de matéria orgânica nas camadas superficiais, diminuindo ao longo do perfil. Trata-se de um solo fortemente ácido em todo o perfil. Praticamente todos os elementos decrescem até os 78 cm do perfil do solo, ocorrendo incremento no alumínio e uma diminuição acentuada no conteúdo de matéria orgânica.

O plantio de recomposição florestal foi realizado em novembro de 2004 utilizando 44 espécies, a maioria nativas da Mata Atlântica, em quatro espaçamentos, 1 × 1; 1,5 × 1,5; 2 × 2 e 3 × 2 m, sendo esses considerados os tratamentos do estudo. As dimensões da área dos dois primeiros plantios são de 34 m de largura por 50 m de comprimento e dos outros dois de 50 m de largura por 66 m de comprimento, resultando em área de 1.700 e 3.300 m², respectivamente.

O preparo da área consistiu de roçada inicial, seguida de aração, gradagem e marcação das covas, em função dos respectivos espaçamentos. As covas foram abertas manualmente nas dimensões de 25 × 25 × 25 cm e adubadas com 100 g de N-P₂O₅-K₂O (06-30-06). A distribuição das mudas no campo seguiu o arranjo proposto por Piña-Rodrigues et al. (1997), no qual se alternam linhas de plantio com apenas

Tabela 1. Caracterização física e química do solo, aos quatro anos em área de restauração florestal da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil, at four years in the area of forest restoration UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.

Prof. (cm)	Horizonte	Classe Textural ¹	pH (H ₂ O)	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	CTC (T)	V	m	MO
				---mg dm ⁻³ ---	-----cmol _c dm ⁻³ -----	-----%	dag kg ⁻¹					
0-18	A	FA	5,1	4,2	35	1,5	1,2	0,5	7,25	38	15	3,6
18-30	AB	FAAr	4,9	3,5	36	1,1	0,8	1,1	6,94	29	36	2,9
30-50	BA	FA	4,9	4,0	13	0,4	0,3	1,0	3,21	23	58	1,3
50-78	Bi1	FA	4,9	2,2	14	0,3	0,2	0,7	2,03	27	56	1,1
78-105	Bi2	FA	5,1	2,4	25	0,6	0,5	0,5	2,32	50	30	1,0
105 - +	Bi3	FAAr	5,0	1,4	18	0,6	0,8	0,6	3,43	42	29	1,1

¹ Classe textural: FA = Franco-aArenoso; FAAr = Franco-argilo-arenosa. pH em água, relação 1:2,5; P e K: extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - extrator de KCl 1,0 mol L⁻¹; CTC (T): capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: índice de saturação por bases; m: índice de saturação por alumínio; MO: matéria orgânica = C_{org} × 1,724 (Walkley-Black).

mudas de espécies pioneiras, com linhas de plantio onde são intercaladas mudas de espécies pioneiras e de espécies não pioneiras. O controle de formigas, com isca granulada, iniciou-se dois meses antes do plantio, sendo mantido imediatamente após plantio e nos seis meses seguintes. O controle de plantas invasoras consistiu em uma primeira capina aos 45 dias após o plantio em toda a área, os controles seguintes com roçada foram realizados até três anos após o plantio, sendo a necessidade de intervenção determinada pela observação visual da infestação de capim colônio.

Em relação às características da recomposição florestal, o trabalho realizado por Lisboa (2010), aos quatro anos após plantio, na área de estudo verificou nos quatro espaçamentos, riqueza de 43 espécies arbóreas e, ou, arbustivas, pertencentes a 39 gêneros, distribuídos em 20 famílias botânicas. As famílias de maior riqueza foram: Mimosaceae com 19 indivíduos, Caesalpinaceae (15), Fabaceae (14), Myrtaceae (14) e Bignoniaceae (13). Os gêneros que apresentaram maior número de espécies foram: *Tabebuia* (3), *Cordia* (2), *Mimosa* (2) e *Psidium* (2). As espécies que apresentaram maior número de indivíduos foram *Inga marginata* (ingá), *Melia azebarach* (para raio), *Chorisia speciosa* (paineira), *Acacia polyphylla* (monjoleiro) e *Psidium guajava* (goiaba).

Nos quatro espaçamentos estudados, nas idades de quatro a seis anos após o plantio (anos de 2008, 2009 e 2010), foram instalados e distribuídos de forma sistemática, nove coletores de serapilheira por espaçamento (unidade amostral), com áreas iguais a 0,105 m² (perímetro igual a 1,15 m). Os coletores foram confeccionados com malha que permitia a passagem da água da chuva, mas não da serapilheira.

As coletas foram realizadas mensalmente durante dois anos (março de 2008 a fevereiro de 2010). No laboratório, o material foi separado nas frações folhas, galhos, material reprodutivo (flores, frutos) e miscelânea (restante do material). As amostras foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C, por 48 h, para estabilização do peso e então pesadas em balança de precisão. Os pesos secos (g/coletor) foram transformados para a unidade Mg ha⁻¹, onde a produção de serapilheira (PAS), em kg ha⁻¹ mês⁻¹, foi estimada usando a expressão matemática: $PAS = (PS \times 10.000) / Ac$, em que: PS = produção média mensal de serapilheira (kg); e Ac = área do coletor (m²) de acordo com trabalho de Domingos et al. (2002).

Os dados de aporte de serapilheira total e da fração folhas foram organizados por espaçamentos e épocas (chuvosa e seca). No início do ano de 2008, com base no histórico de precipitação mensal do município de Seropédica dos últimos 20 anos, verificou-se que a maior concentração de chuvas ocorre no período de setembro a fevereiro, definida nesse estudo de época chuvosa. A época seca corresponde ao período de março a agosto.

A fim de conhecer o teor de nutrientes da época seca (março a agosto) do ano de 2008, a serapilheira total coletada nesta época foi homogeneizada, e dela retiradas quatro amostras (repetições) por espaçamento. É importante salientar que foi realizada apenas a avaliação dos teores de nutrientes na época seca, pois é onde normalmente ocorre maior deposição de serapilheira, devido as espécies florestais serem caducifólias. Posteriormente amostras foram moídas e nessas realizadas análises químicas segundo Tedesco et al. (1995), determinando-se os teores de N, por destilação por arraste a vapor para determinar (N), por colorimetria (P), por fotometria (K) e por espectrometria de absorção atômica (Ca e Mg).

Para quantificar o conteúdo de nutrientes foi utilizada a expressão matemática $AN = \text{teor} \times \text{massa}$, onde AN = Aporte de nutrientes (kg nutriente ha⁻¹); teor = teor de nutrientes (g nutriente kg⁻¹ serapilheira) e massa = serapilheira coletada (kg ha⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise de normalidade seguida de análise de variância para avaliar o efeito do espaçamento, da época do ano, e da possível interação entre estas duas fontes de variação, sobre a serapilheira total e a fração folha. No caso de significância, realizou-se teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias. Com as médias dos teores e conteúdos de N, P, K, Ca e Mg da serapilheira da época da seca aos quatro anos, foi realizada análise de variância e quando houve diferenças significativas, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em todas as análises estatísticas empregou-se o software SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (Ribeiro, 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independente do espaçamento a distribuição do aporte de serapilheira ao longo do ano foi irregular (Figura 1). Na maioria das coletas mensais o espaçamento 1 x 1 m foi o que proporcionou maior aporte de serapilheira

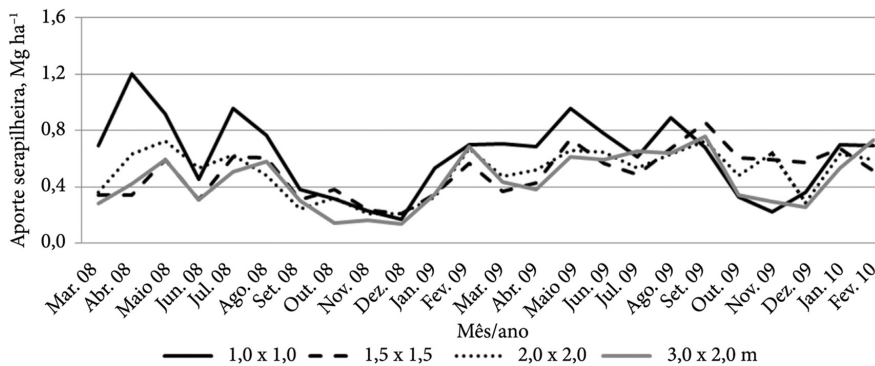


Figura 1. Aporte mensal de serapilheira em diferentes espaçamentos, entre março de 2008 a fevereiro de 2009, em área de restauração florestal na UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.

Figure 1. Litter monthly contribution in different spacing between March 2008 and February 2009 in forest restoration area in UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.

e o espaçamento 3×2 m o menor aporte. Menores espaçamentos, normalmente, apresentam maior fechamento de copa, com isso maior desrama natural e, portanto maior produção de serapilheira. Os maiores valores de aportes de serapilheira ocorreram, de maneira geral, na época seca. Não foi observada sincronia entre os meses de maior aporte de serapilheira e o espaçamento de plantio, esses tanto podem coincidir como apresentar um mês de diferença entre eles.

As diferenças nos aportes de serapilheira podem ser resultado das características genéticas das espécies, quanto à deciduidade (Vogt et al., 1986); influências ambientais (temperatura e precipitação) como indicado por Santos & Válio (2002) e pelo ritmo de crescimento das plantas, que por sua vez receberia influências de fatores como densidade, composição de espécies e competição por água e nutrientes (Machado et al., 2008). A ausência de resposta direta da produção de serapilheira em função do espaçamento de plantio é decorrente de muitas das espécies florestais nativas em povoamentos mistos não responderem quanto ao crescimento em função do espaçamento. Esse padrão foi observado por Villa (2012). Normalmente as espécies que apresentam maiores taxas de crescimento aportam maiores quantidades de serapilheira (Gama-Rodrigues et al., 2008). Em local próximo ao desse estudo, na FLONA Mário Xavier, Seropédica, RJ, Giácomo (2007) verificou que no ano de 2006, a maior deposição anual de serrapilheira ocorreu nos meses de julho a setembro, apresentando correlação negativa e significativa com a precipitação do mês. Figueiredo (2003) em avaliação da deposição numa

Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná, constatou que a deposição estacional de serapilheira seguiu ordem decrescente: primavera > inverno > verão > outono.

A separação do aporte mensal nas diferentes frações mostrou que, independentemente do espaçamento, a fração folha foi a de maior contribuição, valores acima de 75,0% em massa, seguida pela fração galho, com valores superiores a 7,7% do total, e em menor quantidade as frações reprodutiva e miscelânea (Figura 2). A fração folha no aporte de serapilheira, segundo informações da literatura (Figueiredo, 2003; Silva, 2008; Alonso, 2010), varia de 60-80%, para Mata Atlântica.

Na Tabela 2 observa-se que no período avaliado em média, anualmente o espaçamento 1×1 m apresentou diferenças significativas para a fração folhas ($5,87 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Esse padrão pode ser justificado por nesse espaçamento ocorrer um maior número de indivíduos por área, dessa forma quando ocorre a desrama natural, uma maior quantidade de material é depositado.

Em um outro reflorestamento misto, também localizado em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Silva (2008) quantificou valores de $6,01 \text{ Mg ha}^{-1}$ de aporte anual (janeiro a dezembro 2007) de serrapilheira, sendo a fração folha a de maior participação, com 64% do total aportado. Na mesma área de estudo, Alonso (2010), aos três anos após o plantio observou valores um pouco superior nos espaçamentos 3×2 e 2×2 com os aportes acumulados de respectivamente $7,27$ e $7,25 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. No espaçamento 1×1 m, neste trabalho os valores foram um pouco superior aos valores de Alonso

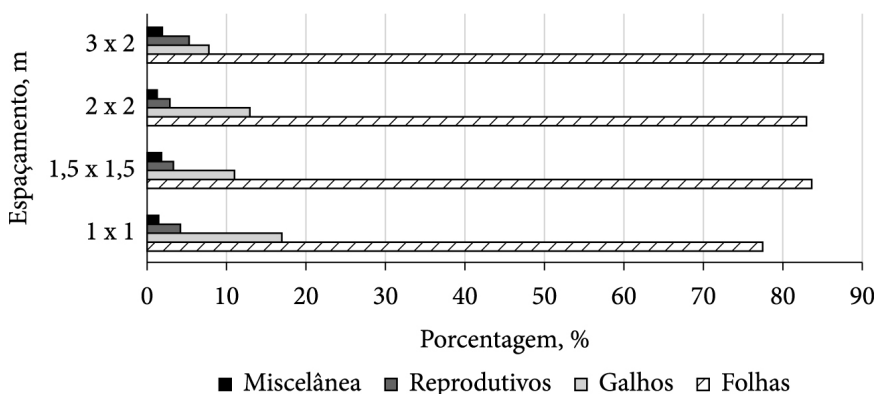


Figura 2. Percentagem de serapilheira por fração nos espaçamentos, em área de restauração florestal da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.

Figure 2. Percentage of litter per fraction in the gaps in the area of forest restoration UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.

Tabela 2. Médias de aporte da fração folhas e do total de serapilheira ((Mg ha⁻¹ ano⁻¹), nos quatro espaçamentos de plantio dos quatro a seis anos de plantio em quatro épocas, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.

Table 2. Average intake fraction of leaves and total litter (Mg ha⁻¹ year⁻¹) in the four planting spacings and four times (four to six years of planting) in reforestation area UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.

Fator		Fração Folha	Serapilheira total
Espaçamento (m)	1 x 1	5,87 a	7,48 a
	1,5 x 1,5	4,63 ab	5,97 b
	2 x 2	5,00 ab	6,02 b
	3 x 2	3,74 b	5,41 b
Época	Seca (Mar. a Ago. 2008)	2,80 ab	3,43 a
	Chuva (Set. 2008 a Fev. 2009)	1,76 c	2,04 b
	Seca (Mar. a Ago. 2009)	3,05 a	3,67 a
	Chuva (Set. 2009 a Fev. 2010)	2,55 b	3,28 a

Para cada fator, médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

(2010) que foi de 7,15 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, evidenciando que espaçamentos mais fechados, com aumento da idade, ocorre há maior desrama natural, e com isso maior queda de serapilheira, aliada a condição de distribuição de chuvas daquele ano.

Quanto ao aporte de serapilheira nas épocas seca e chuvosa, constata-se que, em geral para a região Sudeste do Brasil, na época seca verificaram-se maiores valores de aportes de serapilheira, principalmente de folhas, devido à abscisão das plantas, como estratégia de uso de água pelas árvores. No entanto, nesse estudo o aporte de folha da segunda época chuvosa (setembro de 2009 a fevereiro de 2010) foi significativamente semelhante ao das épocas secas. Essa diferença é provavelmente decorrente de não ter havido uma

época seca bem definida na região de estudo, como mostra as Figuras 1 e 2. Além disso, em dezembro de 2009 e janeiro de 2010 houve precipitação acima da média na região e devido ao local do plantio estar em região de baixada, nessa época ocorreu excesso de água no solo (Figura 2), que pode ter provocado falta de oxigenação nas raízes das árvores, levando a uma maior queda de folhas, devido a ajustes metabólicos das árvores.

A interação espaçamento e época (Tabela 3) mostrou que houve maior aporte total de serapilheira no espaçamento 1 x 1 m na época da seca, enquanto na época da chuva houve aportes similares em todos os espaçamentos. Esse padrão deve-se provavelmente, à competição entre os indivíduos arbóreos na unidade

Tabela 3. Médias do total de serapilheira (Mg ha^{-1}), nas quatro épocas (dos 4 a 6 anos de plantio) em quatro espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ. **Table 3.** Averages of litter (Mg ha^{-1}), the four seasons (of 4-6 years of planting) in four planting space in reforestation area UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.

Época (Período - mês e ano)	Espaçamento (m)			
	1 × 1	1,5 × 1,5	2 × 2	3 × 2
Seca (Mar. a Ago. 2008)	4,99 a A	2,81 ab B	3,20 ab B	2,70 ab B
Chuva (Set. 2008 a Fev. 2009)	2,34 b A	2,05 b A	1,99 b A	1,78 b A
Seca (Mar. a Ago. 2009)	4,64 a A	3,26 ab B	3,46 ab B	3,31 ab B
Chuva (Set. 2009 a Fev. 2010)	2,99 b A	3,83 ab A	3,36 ab A	2,93 ab A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

experimental do espaçamento 1 m × 1m pela alta densidade de plantas, apesar de não ter ocorrido déficit hídrico na região (Figura 2). Nos demais espaçamentos não foram verificadas diferenças significativas entre as épocas.

O aporte médio de serapilheira anual foi de $7,48 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o espaçamento 1 x 1 m e na sequência dos espaçamentos (1,5 × 1,5; 2 × 2 e 3 × 2 m) os valores foram 5,97; 6,00 e 5,41 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Estudos desenvolvidos no Estado do Rio de Janeiro como o de Araújo et al. (2006) estimaram, para um reflorestamento com sete anos, em Poço das Antas (RJ), valores de aporte de serapilheira de aproximadamente $10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ nos espaçamentos adensados de 1 × 1, 1 × 1,5 e 2 × 2 m, sem diferenças significativas entre eles. Esses valores foram um pouco superiores aos observados nesse estudo, o que provavelmente pode ser atribuído ao maior tempo de estabelecimento e as condições climáticas da região de Poço das Antas, que possui época seca bem definida, nos meses de junho a agosto (Araújo et al., 2006; INMET, 2012). Ainda Machado et al. (2008), em Conceição de Macabú, RJ, numa área revegetada também com sete anos, em espaçamento 1 x 1 m, encontraram valores entre $8,98 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (no terço médio da encosta) e de $5,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (respectivamente no terço superior e inferior). Esses valores são numericamente um pouco superiores aos observados nesse estudo, o que também pode ser decorrente a idade (sete anos) e a estação seca bem definida na região onde o município, Conceição de Macabú, está localizado (INMET, 2012). Baixos valores de precipitação normalmente contribuem positivamente para o aumento da deposição da serapilheira (Correia & Andrade, 2008).

Quanto ao aporte de nutrientes, verificou-se que o espaçamento de plantio influenciou nos teores de N, K e Mg presentes na serapilheira (Tabela 4) e na quantidade de nutrientes aportados.

Os teores de K e Mg no material formador da serapilheira, foram considerados baixos, em comparação ao observado em outras espécies florestais. Tal padrão pode ser explicado, pelo fato desses nutrientes terem sido translocados, diminuindo dessa forma o seu conteúdo na serapilheira (Viera & Schumacher, 2010). O cálcio é considerado um elemento pouco móvel nos vegetais por estar fixado nas estruturas, provavelmente essa é a explicação para os elevados valores encontrados no material aportado. Segundo Vanlauwe et al. (2005), o retorno de Ca é importante tanto para o incremento do Ca trocável do solo, como na manutenção do pH na superfície do solo. Para os teores de P não foram verificadas diferenças significativas, sendo esse o nutriente que se apresentou em menores valores quando comparado aos demais. Segundo Schumacher et al. (2004), esse padrão pode estar relacionado à alta eficiência desse elemento na sua translocação antes da abscisão, para investimento em outros processos da planta.

Na serapilheira da unidade do espaçamento 1 × 1 m, verificou-se os menores teores e conteúdos de N, diferindo significativamente das demais áreas, provavelmente devido à alta densidade de plantas, onde a maior competição pelos recursos do ambiente pode ter ocasionado que as plantas, antes de depositarem serapilheira, realizassem ajustes de translocação do N para as partes em crescimento. Nos demais espaçamentos a competição é menos intensa, com isso a ciclagem interna de nutrientes também é menos intensa e a serapilheira é mais rica em N.

Tabela 4. Médias dos teores de N, P, K, Ca e Mg na serapilheira, na época da seca (março a agosto de 2008), nos diferentes espaçamentos de plantio, aos quatro anos após o plantio.

Table 4. Averages of N, P, K, Ca and Mg in leaf litter, in the dry season (March-August 2008), in different planting spacings, the four years of implementation.

Espaçamento (m)	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
1 × 1	14,78 b	2,00 a	9,65 a	15,06 a	4,50 ab
1,5 × 1,5	18,81 a	2,39 a	7,12 b	15,15 a	5,08 a
2 × 2	18,27 a	2,17 a	8,83 a	16,78 a	4,17 b
3 × 2	20,44 a	1,96 a	8,91 a	14,75 a	4,34 b
Conteúdo (kg ha ⁻¹)					
1 × 1	73,78 a	10,04 a	48,20 a	75,20 a	22,84 a
1,5 × 1,5	52,90 b	6,71 b	20,02 c	42,60 b	14,28 b
2 × 2	58,24 b	6,96 b	28,31 b	53,77 b	13,36 b
3 × 2	55,10 b	5,27 b	24,01 b	39,76 b	11,70 c

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O conteúdo de todos os nutrientes analisados da serapilheira no espaçamento 1 x 1 m foi significativamente superior ao dos outros espaçamentos, o que é resultado do maior aporte de serapilheira, decorrente da alta densidade de indivíduos no povoamento.

De modo geral, no presente estudo o conteúdo de nutrientes via serapilheira na época seca obedeceu à seguinte ordem: N > Ca > K > Mg > P. Essa distribuição também foi observada por Pinto et al. (2009) para Floresta Estacional Semidecidual no início de sucessão, em Viçosa (MG), e por Celentano et al. (2011) em plantio misto com cinco anos, em diferentes locais da Costa Rica, com espaçamento 3 × 3 e 5 × 5 m.

Pode ser inferido, pela literatura, que existe uma alta variabilidade no conteúdo de macronutrientes na serapilheira em função das espécies, clima e características físicas e químicas do solo. Em área próxima a deste estudo, dentro da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em espaçamento 3 x 2 m, com cinco anos pós-plantio, Silva (2008) coletou ao decorrer do ano 6,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de serapilheira, sendo que essa apresentou 117,4 kg ha⁻¹ de N e 2,9 kg ha⁻¹ de P, valor mais que o dobro ao quantificado nesse estudo trabalho para N e quase a metade de P. Estas diferenças ocorreram, entre outros possíveis fatores, pela grande diferenças de espécies do reflorestamento utilizado por Silva (2008) e o deste trabalho.

Em estudos realizados na FLONA Mário Xavier, Seropédica, RJ, Fernandes et al. (2007) compararam o aporte de serapilheira em três coberturas florestais:

floresta em sucessão secundária, plantio de *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá) e área em regeneração natural com *Carapa guianensis* (andiroba). Os aportes de serapilheira foram de 7,6; 9,1; 9,9 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, e o conteúdo de alguns macronutrientes obedeceu a sequência de 149,8; 176,7 e 216,2 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, 3,0; 3,9 e 3,6 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P e 16,3; 15,2 e 23,4 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K. Esses valores são bastante superiores aos quantificados nesse estudo, o que pode ser decorrente do estágio mais avançado do plantio avaliado por Fernandes et al. (2007) em relação ao do presente estudo, onde devido as plantas estarem em fase de crescimento, a translocação de nutrientes pode estar sendo mais eficiente e, portanto, a serapilheira apresentou menores teores de nutrientes, conforme observado por Fontes et al. (2014) em serapilheira de sistema agroflorestal com cacau, no sul da Bahia.

Vários estudos como os de Gama-Rodrigues et al. (2008), Lisboa (2010), Gomes et al. (2010), Celentano et al. (2011) e Diniz et al. (2011), demonstram que apesar da similaridade no aporte de serapilheira, o conteúdo de nutrientes pode se diferenciar em função do espaçamento, espécies, idade, sazonalidade e local, devido a maior ou menor produção de serapilheira.

4. CONCLUSÕES

Não foi observado um padrão de deposição no aporte de serapilheira ao longo dos meses do ano ou em função do espaçamento de plantio.

O aporte de serapilheira foi maior no espaçamento 1×1 m, não havendo diferenças entre os demais espaçamentos.

O espaçamento de plantio influenciou o teor de N, K e Mg da serapilheira da época seca, não havendo comportamento em função do espaçamento mais fechado para o mais amplo.

De modo geral, o conteúdo de nutrientes via serapilheira, da época seca, seguiu a ordem decrescente de $N > Ca > K > Mg > P$.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 12 nov., 2013

Aceito: 15 ago., 2015

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Marcos Gervasio Pereira

Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, BR 465, Km 7, CEP 23897-900, Seropédica, RJ, Brasil
e-mail: gervasio@ufrj.br

REFERÊNCIAS

Alonso, JM. *Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal em diferentes espaçamentos* [monografia]. Seropédica: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2010.

Araújo RS, Piña-Rodrigues FCM, Machado MR, Pereira MG, Frazão FJ. Aporte de serapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. *Floresta e Ambiente* 2006; 12: 16-24.

Benvenuti-Ferreira G, Coelho GC, Schirmer J, Lucchese OA. Dendrometry and litterfall of neotropical pioneer and early secondary tree species. *Biota Neotropica* 2009; 9(1): 65-71. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032009000100008>.

Boerger MRT, Wisniewski C, Reissmann CB. Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de floresta ombrófila densa no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 2005; 19(1): 167-181. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062005000100017>.

Celentano D, Zahawi RA, Finegan B, Ostertag R, Cole RJ, Holl KD. Litterfall dynamics under different tropical forest restoration strategies in Costa Rica. *Biotropica* 2011; 43(3): 279-287. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2010.00688.x>.

Correia MEF, Andrade AG. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: Santos GA, Camargo FAO, editores. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole; 2008.

Diniz AR, Pereira MG, Loss A. Aporte de material decíduo e nutriente para o solo em plantio de eucalipto e floresta secundária. *Pesquisa Florestal Brasileira* 2011; 31(65): 19-26. <http://dx.doi.org/10.4336/2011.pfb.31.65.19>.

Domingos M, Lopes MIMS, Vuono YS. Ciclagem de nutrientes minerais. In: Sylvestre LS, Rosa MMT, editores. *Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica*. Seropédica: EDUR; 2002.

Fernandes MM, Pereira MG, Magalhães LMS, Cruz AR, Giácomo RG. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa cesalpiniaefolia* I Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na FLONA Mário Xavier, RJ. *Ciência Florestal* 2007; 16: 163-175.

Figueiredo A Fo. Avaliação Estacional de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná. *Ciência Florestal* 2003; 13: 11-18.

Fontes AG, Gama-Rodrigues AC, Gama-Rodrigues EF, Sales MVS, Costa MG, Machado RCR. Nutrient stocks in litterfall and litter in cocoa agroforests in Brazil. *Plant and Soil* 2014; 383(1-2): 313-335. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-014-2175-9>.

Gama-Rodrigues AC, Gama-Rodrigues EF, Barros NF. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 2008; 32(3): 1165-1179. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000300025>.

Giácomo RG. *Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição das frações orgânicas em Planossolo Háplico sob formações florestais na FLONA Mário Xavier, Seropédica, RJ* [monografia]. Seropédica: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2007.

Gomes JM, Pereira MG, Piña-Rodrigues FCM, Pereira GHA, Gondim FR, Silva EMR. Aporte de serapilheira e de nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, RJ. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 2010; 5(3): 383-391. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v5i3a552>.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. *Dados das estações de Seropédica* [online]. Brasília: INMET; 2012. [citado em 2012 ago. 1]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

Jaramillo-Botero C, Santos RHS, Fardim MP, Pontes TM, Sarmiento F. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na zona da mata de Minas Gerais. *Revista Árvore* 2008; 32(5): 869-877. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000500012>.

- Larcher W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: RiMa Artes; Textos Editora; 2000.
- Lisboa, A.C. *Estoque de carbono em área de recomposição florestal com diferentes espaçamentos de plantio* [dissertação]. Seropédica: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2010.
- Macedo MO, Resende AS, Garcia PC, Boddey RM, Jantalia CP, Urquiaga S, et al. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. *Forest Ecology and Management* 2008; 255(5-6): 1516-1524. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2007.11.007>.
- Machado MR, Piña-Rodríguez FCM, Pereira MG. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. *Árvore* 2008;32:143-151.
- Müller A, Coelho GC, Lucchese AO, Schirmer J. A comparative study of four tree species used in riparian forest restoration along Uruguay river, Brazil. *Árvore* 2009;33:297-304.
- Pinto SIC, Martins SV, Barros NF, Dias HCT. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de Floresta Estacional Decidual na reserva florestal Mata do Paraíso em Viçosa, MG, Brasil. *Árvore* 2009;33:653-663.
- Piña-Rodríguez FCM, Reis LL, Marques SS. Sistemas de plantio adensado para a revegetação de áreas degradadas da Mata Atlântica: bases ecológicas e comparações de custo-benefício com o sistema tradicional. *Floresta e Ambiente* 1997; 4: 30-41.
- Poggiani F, Schumacher MV. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: Gonçalves JLM, Benedetti V, editores. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF; 2000.
- Read L, Lawrence D. Litter nutrient dynamics during succession in dry tropical forest of the Yucatan: regional and seasonal effects. *Ecosystems* 2003; 6(8): 747-761. <http://dx.doi.org/10.1007/s10021-003-0177-1>.
- Ribeiro JI Jr. *Análises estatísticas no SAEG*. Viçosa: UFV; 2001.
- Salamene S, Francelino MR, Valcarcel RL, Lani JL, Sá MME. Estratificação e caracterização ambiental da área de preservação permanente do Rio Guandu/RJ. *Árvore* 2011;2:221-231.
- Santos SL, Válio IFM. Litter accumulation and its effect on seedling recruitment in a Southeast Brazilian Tropical Forest. *Revista Brasileira de Botânica* 2002; 25(1): 89-92. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042002000100011>.
- Schumacher MV, Brun EJ, Rodrigues LM, Santos EV. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Estado do Rio Grande do Sul. *Árvore* 2003;27:791-798.
- Schumacher MV, Brun EJ, Hernandez JI, König FG. Produção de serapilheira em uma Floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. *Árvore* 2004;28:29-37.
- Silva, RM. *Aporte de serapilheira e quantificação de nutrientes em áreas de reabilitação, Município de Seropédica, RJ* [monografia]. Seropédica: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2008.
- Tedesco J, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. *Análises de solo, planta e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS; 1995.
- Vanlauwe B, Aihou K, Tossah BK, Diels J, Sanginga N, Merckx R. *Senna siamea* trees recycle Ca from in a Ca-rich subsoil and increase the topsoil pH in agroforestry systems in the West African derived savanna zone. *Plant and Soil* 2005; 269(1-2): 285-296. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-004-0599-3>.
- Viera M, Schumacher V. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L. e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. *Revista Árvore* 2010; 34(1): 85-94. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000100010>.
- Villa EB. *Aspectos silviculturais e ecológicos em área de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio* [tese]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2012.
- Vogt KA, Grier C, Vogt DJ. Production, turnover, and nutrient dynamic above and below ground detritus of world forests. *Advances in Ecological Research* 1986; 15: 303-377. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60122-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60122-1).
- Whitley JM, Whitley FR. *A luz e a vida das plantas*. São Paulo: Edusp; Editora Pedagógica e Universitária Ltda; 1982.