

Leguminosas arbóreas para recuperação de áreas degradadas
com pastagem em Conceição de Macabu, Rio de Janeiro, BrasilLeguminous trees to recovery of degraded
pastures in northern Rio de Janeiro, BrazilMarlon Gomes da Costa¹, Antonio Carlos da Gama-Rodrigues²,
Francisco Costa Zaia³ e Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues⁴

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de povoamentos de *Acacia auriculiformis* (acácia) e *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá) na recuperação de áreas degradadas com pastagens. Para isso foram avaliados os atributos de fertilidade do solo desses dois povoamentos, bem como de uma floresta secundária (capoeira) e de uma pastagem degradada para fins comparativos, o conteúdo de nutrientes, dos componentes estruturais (celulose e lignina) e metabólitos secundários (polifenóis) da serapilheira dos povoamentos de acácia e sabiá. O estudo foi realizado em um Latossolo Vermelho Amarelo no município de Conceição de Macabu, RJ, mensalmente, no período de um ano. A cobertura de acácia apresentou a maior biomassa total (10,59 Mg ha⁻¹) e de folhas (5,8 Mg ha⁻¹) na serapilheira acumulada, e as maiores quantidades de C, N e Ca na folha do que as outras coberturas. A sequência do estoque de nutrientes na serapilheira acumulada foi a mesma para todos os componentes e coberturas florestais: C > N > Ca > Mg > K > P. O sabiá apresentou maior coeficiente de decomposição ($k = 0,79$) e menor tempo médio de residência de nutriente para todos os nutrientes, polifenóis, lignina e celulose. Na produção de folheto, a acácia apresentou o maior efeito de sazonalidade para os nutrientes e o sabiá maior produção total de biomassa (5,35 Mg ha⁻¹ ano⁻¹). Os três sistemas florestais apresentaram maior eficiência de utilização de nutrientes para o P. Os atributos da serapilheira revelaram capacidades diferenciadas das leguminosas e da capoeira para reciclar nutrientes, e apontaram estas leguminosas como boas alternativas para recuperação de áreas de pastagens degradadas, pela melhoria do nível de fertilidade do solo através da ciclagem de nutrientes via serapilheira.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes, *Acacia auriculiformis* e *Mimosa caesalpinifolia*, floresta secundária.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the production and accumulation of litter, nutrient content, structural components (cellulose and lignin) and secondary metabolites (polyphenols), in two leguminous trees plantations; *Acacia auriculiformis* and *Mimosa caesalpinifolia* with a potential for recovery of degraded pastures. This study was conducted in Conceição de Macabu, RJ, in a Red Yellow Latosol. Litter was quantified for one year and its attributes determined in the three forest systems. *Acacia auriculiformis* presented the highest total biomass (10.59 Mg ha⁻¹) and leaf (5.8 Mg ha⁻¹) in accumulated litter, and the highest amounts of C, N and Ca in the leaf. The sequence of nutrient stocks in litter was the same for all components and forest covers: C > N > Ca > Mg > K > P. *Mimosa caesalpinifolia* showed the highest litter turnover rates ($k = 0.79$) and the lowest mean residence time of nutrients for all nutrients, polyphenols, lignin and cellulose. *Acacia auriculiformis* had the highest variability for all nutrients in the litter, while *Mimosa caesalpinifolia* had higher total biomass production (5.35 Mg ha⁻¹ yr⁻¹). The three systems presented high nutrient use efficiency for P. The attributes of the litter revealed differentiated capabilities of the leguminous and secondary forest to recycle nutrients, and the leguminous trees are a good alternative for restoring degraded pastures by improving the soil fertility level through nutrient cycling via litter fall.

Keywords: Nutrient cycling, *Acacia auriculiformis* and *Mimosa caesalpinifolia*, secondary forest.

¹Doutorando em Produção Vegetal. UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Laboratório de Solos, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ. E-mail: marlongc@uenf.br.

²Professor Doutor. UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Laboratório de Solos, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ. Bolsista CNPq e FAPERJ. E-mail: tonygama@uenf.br.

³Pós-doutorando UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Laboratório de Solos, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ. Bolsista FAPERJ. E-mail: zaia@uenf.br.

⁴Professora Doutora Associada. UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Laboratório de Solos, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ. Bolsista CNPq. E-mail: emanuela@uenf.br.

INTRODUÇÃO

A maioria das mudanças nos sistemas de uso da terra nas regiões tropicais está relacionada ao desmatamento e ao uso inadequado dos solos agrícolas, com mudanças nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, o que tem levado a um processo crescente de degradação destes solos (HARTEMINK, 2010). A degradação das pastagens no Brasil ocorre, dentre vários fatores, devido à baixa disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente nitrogênio (N) e, portanto, o consórcio com leguminosas arbóreas mostra-se como boa alternativa à solução do problema, pois além de fixar N, tem efeitos positivos na fertilidade como a translocação dos nutrientes das camadas mais profundas para a superfície do solo (SILVA et al., 2013). O uso destas leguminosas na recuperação de áreas degradadas é uma técnica com aplicação em diversos ambientes e objetiva criar condições para acelerar o processo de recuperação natural do ecossistema (RESENDE et al., 2013).

O entendimento dos processos ecológicos, como a dinâmica da serapilheira por meio do estudo de diferentes estratégias de recomposição florestal, comparado à floresta natural em sucessão (capoeira), é importante para avaliar e recomendar práticas de recuperação para áreas de pastagens degradadas, um problema generalizado em regiões tropicais (CELENTANO et al., 2011). Dentre os mecanismos envolvidos na ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, a queda de resíduos senescentes da parte aérea das plantas, que formam a serapilheira na superfície do solo e sua gradativa decomposição, tem papel fundamental na manutenção da sustentabilidade desses biomas, principalmente, em solos tropicais de baixa fertilidade natural (CALDEIRA et al., 2008; CORREIA; ANDRADE, 2008).

A serapilheira, além de refletir a produtividade da floresta, é uma importante via de ciclagem de nutrientes (BELLINGHAM et al., 2013; CALDEIRA et al., 2008; GODINHO et al., 2013; VIEIRA et al., 2013), sendo considerado o maior processo pelo qual carbono e nutrientes são transferidos da vegetação para o solo (DAWOE et al., 2010); com consequente reabsorção dos nutrientes pela vegetação (LIN et al., 2012). Assim, a produção e a decomposição de serapilheira constitui um bom indicador do estágio de regeneração em plantios de recomposição florestal (CELENTANO et al., 2011; COSTA et al., 2004; MOREIRA; SILVA, 2004). Além dis-

so, o conhecimento da ciclagem de nutrientes é fundamental para a correta compreensão da relação solo-planta e para um adequado manejo florestal (ANDIVIA et al., 2010).

A escolha das leguminosas empregadas em sistemas silvopastoris é importante devido às características inerente a cada espécie. Isto porque a liberação de nutrientes da serapilheira é determinada pelas características bioquímicas das espécies, propriedades físico-químicas da serapilheira e de sua variabilidade anual, além das condições ambientais (ACEÑOLAZA et al., 2010). A acácia (*Acacia auriculiformis* A. Cunn ex Benth) é uma leguminosa arbórea nativa da Austrália, Papua Nova Guiné e Indonésia, de crescimento rápido e com capacidade de adaptação a diversas condições ambientais (SHUKOR et al., 1993). O sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) é uma leguminosa arbórea tropical nativa da região nordeste do Brasil, apresenta porte pequeno (VASCONCELOS et al., 1984), além de resistência à seca e madeira de boa qualidade. Ambas as espécies apresentam elevado potencial de fixação de nitrogênio em simbiose com bactérias diazotróficas (SILVA et al., 2006).

A introdução dessas duas leguminosas arbóreas em pastagens degradadas na região Norte Fluminense revela um potencial na melhoria de diversos atributos edáficos em curto prazo, como fauna do solo (MANHÃES et al., 2007; GONZÁLEZ-RODRIGUEZ et al., 2011), biomassa microbiana (GAMA-RODRIGUES et al., 2008), potencial de mineralização de nitrogênio (NUNES et al., 2009) e acumulação de fósforo orgânico (ZAIA et al., 2008).

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a produção e acúmulo de serapilheira, conteúdo de nutrientes, componentes estruturais (celulose e lignina) e metabólitos secundários (polifenóis), de duas leguminosas arbóreas, *A. auriculiformis* e *M. caesalpiniiifolia*, com potencial para recuperação de pastagens degradadas, em um Latossolo Vermelho Amarelo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Carrapeta, em Conceição de Macabu, RJ. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am, quente e úmido. A temperatura do local está em torno de 26 °C e a média anual de precipitação é de 1400 mm, com período chuvoso de outubro a março e seco de junho a setembro. O solo foi classificado como Latossolo

Vermelho-Amarelo, de textura argilo-franco-arenosa, em todos os sistemas de coberturas vegetais (GAMA-RODRIGUES et al., 2008). O relevo é do tipo ondulado, com declividade em torno de 35 cm m⁻¹. A área experimental constituiu-se de quatro coberturas vegetais em parcelas de 1.500 m² (75 x 20 m).

As parcelas de cada cobertura foram dispostas adjacentes uma à outra, na mesma cota de altitude. As coberturas vegetais foram constituídas de plantios puros das espécies arbóreas *Acacia auriculiformis* (acácia) e *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá), inoculadas com estirpes de bactérias fixadoras de N₂ atmosférico (BR 3465 e BR 3609 para *A. auriculiformis* e, BR 3407 e BR 3446 para *M. caesalpinifolia*) e fungos micorrízicos (uma mistura de *Gigaspora margarita* com *Gomus clarum* para todas as espécies), implantados em dezembro de 1998 com mudas de 30 cm de altura. O espaçamento utilizado foi de 3 x 2 m, em covas de 20 x 20 x 20 cm, que receberam 150 g de superfosfato simples, 10 g de cloreto de potássio e 10 g de FTE- BR12. A altura média e diâmetro à altura do peito foram respectivamente de 8,4 m e 7,0 cm para *A. auriculiformis* e de 6,2 m e 4,0 cm para *M. caesalpinifolia*, sem a presença de pastagem no sub-bosque. As coberturas vegetais utilizadas como referência foi um fragmento florestal de Mata Atlântica em sucessão secundária (capoeira) com aproximadamente 40 anos de idade, adjacente aos plantios puros, e uma pastagem degradada (GAMA-RODRIGUES et al., 2008).

Em cada cobertura florestal, a produção de serapilheira foi avaliada mensalmente em seis coletores de 1 m² com tela de 1 mm de malha (náilon), colocados a 0,8 m de altura do solo, por um período de 12 meses (maio de 2004 a abril de 2005), espalhados por toda a área experimental. A amostragem da serapilheira acumulada (material depositado sobre o solo e com diferentes graus de decomposição) foi feita duas vezes, nos períodos de maior e menor intensidade de chuvas (dezembro-fevereiro e junho-agosto, respectivamente), utilizando-se um quadrado de madeira de 0,25 m², com seis repetições. Os componentes da serapilheira acumulada foram devidamente separados (folhas, galhos, estruturas reprodutivas e material fragmentado). Os galhos amostrados foram de diâmetro inferior a 2 cm, e o material fragmentado constituiu toda estrutura partida em pelo menos 50% de sua superfície.

A serapilheira da pastagem não foi quantificada. Nas amostras, determinaram-se os te-

ores de N total, P, K, Ca e Mg (BATAGLIA et al., 1983), teor de C (ANDERSON; INGRAM, 1996), teores de celulose e lignina (VAN SOEST; WINE, 1968) e polifenóis solúveis totais (ANDERSON ; INGRAM, 1996).

A fertilidade do solo foi caracterizada em duas profundidades (0-5 e 0-10 cm) para as três coberturas florestais e em toda área para a pastagem. Determinaram-se, de acordo com os métodos descritos por Embrapa (1997): P e K extraíveis por Mehlich-1; Ca, Mg e Al trocáveis por KCl 1 mol L⁻¹; N total pelo método Kjeldahl; e pH (em água); e C orgânico por oxidação com K₂Cr₂O₇ 1,25 mol L⁻¹ em meio ácido (ANDERSON; INGRAM, 1996).

Com base nos dados de biomassa e nutrientes da produção de folheto e serapilheira acumulada, foram estimados os valores dos coeficientes de decomposição (*k*) e do tempo médio de residência de nutriente (TMR) para a serapilheira das coberturas florestais. O valor *k* é a relação entre massa de folheto produzida pela massa de serapilheira acumulada (ANDERSON; INGRAM, 1996). O TMR é a relação entre quantidade de nutriente da serapilheira acumulada pela quantidade de nutriente de folheto produzida (ADAMS; ATTIWILL, 1986). O índice de eficiência de utilização de nutrientes (EUN) foi usado como proposto por Vitousek (1984).

Os dados foram submetidos ao teste contra normalidade, em que se pode verificar distribuição normal de todos os atributos, com exceção da relação polifenóis/N, que foi transformada para log (x + 1) para atingir a normalidade. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com uso do software STATISTICA 8.0 (STATSOFT INC., 2007), em que se considerou o delineamento como inteiramente casualizado. Utilizou-se para comparação de médias o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Cada cobertura florestal foi considerada um tratamento de efeito fixo, a exemplo do procedimento empregado por Lugo et al. (1990). Os dados referentes ao componente estrutura reprodutiva da serapilheira acumulada, só foi produzido pela acácia, e não passaram por análise de variância, e teste de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferenças significativas entre as coberturas vegetais para os teores de C e N para ambas as profundidades de 0-5 cm e 0-10 cm (Tabela 1). A maior acidez e menor nível de fer-

tilidade do solo foi encontrado sob capoeira, ao contrário do solo sob acácia. A amostragem na profundidade de 0-10 cm promoveu um “efeito de diluição” nos teores de C e nutrientes em geral, especialmente nos solos sob as leguminosas arbóreas, pois a concentração foi maior nos primeiros 5 cm e diminuiu na camada mais espessa (0-10 cm).

Zaia et al. (2008), na mesma área experimental do presente estudo, relataram resultados similares para diferentes frações de P. Esses resultados evidenciam que a incorporação de matéria orgânica e nutrientes via decomposição da serapilheira dar-se-ia nos primeiros centímetros do perfil do solo. Gama-Rodrigues et al. (2008) observaram aumento dos teores de C e P no solo com a idade avançada das leguminosas (84 meses) em comparação a idade de 32 meses. Leff et al. (2012) demonstraram que a entrada de C na superfície do solo (0-10 cm), em um ecossistema florestal tropical na Costa Rica, foi extremamente sensível às variações na entrada de serapilheira, pois após 2 anos, os tratamentos com dobro de entrada de serapilheira aumentaram as concentrações de C na superfície do solo em 31% e a remoção de serapilheira levaram a uma redução de 26%. A grande quantidade de C orgânico na serapilheira faz desta uma impor-

tante fonte de C orgânico do solo, que juntamente com o C liberado para a atmosfera pela decomposição tem um papel significativo no estoque global de C (LIN et al., 2012), além de ser a principal fonte de energia para os decompositores que atuam na ciclagem de nutrientes (LU; LIU, 2012). Não ocorreram diferenças significativas para o C entre os sistemas florestais e a pastagem, provavelmente, devido à tendência das pastagens de aumentar o carbono orgânico nas camadas superficiais do solo, até 20 cm (ECLESIA et al., 2012).

Na serapilheira acumulada, a cobertura de acácia apresentou maior biomassa total e menor de galhos do que as demais coberturas, sem diferenças significativas entre as coberturas florestais para o material fragmentado (Tabela 2). A quantidade de serapilheira acumulada na acácia foi similar àquela encontrada por Garay et al. (2003) em povoamentos de *Acacia mangium* no norte do Espírito Santo (10 Mg ha⁻¹) e por Barliza e Peláez (2010) em plantios em solos degradados pela mineração na Colômbia (10,4 Mg ha⁻¹); porém, inferior aos valores observados por Inagaki et al. (2010) em plantios de *A. mangium*, em clima tropical úmido na Malásia (12,8 a 13,5 Mg ha⁻¹). Os valores encontrados para sabiá foram inferiores aos relatados por Santana et

Tabela 1. Fertilidade do solo sob três coberturas florestais e pastagem.
Table 1. Soil fertility under three forest covers and pasture.

Cobertura	pH	C N		P K		Ca Mg Al		
		g kg ⁻¹		mg dm ⁻³		cmol dm ⁻³		
0 - 5 cm								
Acácia	5,08 a	31,89 a	1,52 a	5,26 a	136 a	2,37 a	1,20 ab	0,18 b
Sabiá	4,91 a	30,93 a	1,27 a	4,42 b	133 a	2,00 ab	1,26 a	0,40 b
Pastagem	4,89 a	29,41 a	1,22 a	3,88 b	105 a	1,47 bc	0,82 bc	0,42 b
Capoeira	4,24 b	31,17 a	1,56 a	4,05 b	51 b	0,73 c	0,68 c	0,98 a
CV%	7,67	7,81	27,39	14,46	37,39	44,32	30,48	66,75
0 - 10 cm								
Acácia	5,01 a	26,92 a	1,49 a	3,40 a	103 a	1,79 a	0,91 a	0,38 b
Sabiá	4,74 a	26,29 a	1,58 a	3,29 a	103 a	1,31 ab	0,96 a	0,63 b
Pastagem	4,77 a	27,44 a	1,27 a	3,29 a	108 a	1,44 a	0,83 ab	0,60 b
Capoeira	4,12 b	29,81 a	1,59 a	3,72 a	47 b	0,55 b	0,48 b	1,40 a
CV%	7,83	8,29	20,69	14,80	30,52	45,06	29,87	63,67

Médias seguidas de letras iguais, para mesma profundidade, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05). Profundidades: 0 - 5 cm e 0 - 10 cm. CV% (coeficiente de variação).

Tabela 2. Partição de biomassa dos componentes da serapilheira acumulada de três coberturas florestais.
Table 2. Biomass partition in litter fall components of three forest covers.

Cobertura	Folha	Galho	Material Fragmentado		Total
			Mg ha ⁻¹		
Acácia	5,80 a	0,17 b	2,36 a		10,59* a
Sabiá	2,87 b	0,88 a	3,04 a		6,79 b
Capoeira	3,17 b	1,03 a	2,49 a		6,68 b
C.V. (%)	45,73	54,67	31,53		33,48

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05). * Foi incluído no cálculo de biomassa total para acácia, a biomassa da estrutura reprodutiva (2,26 Mg ha⁻¹).

al. (2009) em áreas de tabuleiros costeiros – RN, e situação análoga à capoeira em relação a outros fragmentos florestais na região norte fluminense - RJ (CUNHA et al., 2009). A biomassa de folhas na acácia e na capoeira foi o componente que mais contribuiu para a biomassa total de serapilheira acumulada, seguida de material fragmentado e galho. Esta contribuição superior das folhas na constituição da serapilheira é comum para diversas espécies e/ou sistemas florestais (BELLINGHAM et al., 2013; CELENTANO et al., 2011; GAMA-RODRIGUES et al., 2007; GONZÁLEZ-RODRIGUEZ et al., 2011; MOREIRA; SILVA, 2004; PIRES et al., 2006).

A acácia apresentou as maiores quantidades de C, N e Ca na folha, enquanto que para os demais nutrientes não houve diferença significativa entre as coberturas florestais (Tabela 3). Corrêa et al. (2013) também observaram maiores teores de Ca, seguido de N e menor de P, em folhas de eucaliptos em solos arenosos de baixa fertilidade no Rio Grande do Sul. As altas concentrações de N nas folhas de *A. mangium* são decorrentes da capacidade da espécie associar-se com bactérias fixadoras de N atmosférico (BARLIZA; PALÁEZ, 2010), em condições de baixo N no solo. Para o conteúdo total de nutrientes, a acácia apresentou as maiores quantidades de C e Ca, não havendo diferenças

significativas entre as coberturas florestais para os demais nutrientes.

Entre os nutrientes, para os três sistemas florestais, em média, o maior estoque foi de N, seguido de Ca > Mg > K > P (Tabela 3). Esta mesma sequência foi observada em serapilheira por Mochiutti et al. (2006) em povoamentos de *Sclerolobium Paniculatum* e floresta secundária no Amapá e por Cunha et al. (2009) em fragmentos florestais de Mata Atlântica na região norte fluminense – RJ; sequência observada também para os macronutrientes N, K e P, por Tang et al. (2010) em serapilheira de florestas tropicais no sudeste asiático e por Lin et al. (2012) em plantios de *Aleurites montana* em área de clima subtropical no sudeste da China. Ao estudar o fluxo de nutrientes na serapilheira em plantios de *A. mangium* sob clima tropical úmido, na Malásia, Inagaki et al. (2011) também observaram maior fluxo anual de N (207 a 223 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e menor de P (2,7 a 3,4 kg ha⁻¹ ano⁻¹).

A sazonalidade da produção de biomassa e conteúdo de nutrientes do folheto mostrou forte variação entre as coberturas florestais (Figura 1). A variabilidade da biomassa do folheto para acácia foi superior ao sabiá e capoeira (Figura 1a). A acácia também apresentou a maior variabilidade para todos os nutrientes, bem superior ao sabiá e capoeira. Cada cobertura florestal

Tabela 3. Conteúdo de nutrientes nos componentes da serapilheira acumulada de três coberturas florestais.
Table 3. Nutrient content in litter components of three forest covers.

Cobertura	C	N	P	K	Ca	Mg
Folha						
Acácia	2083,82 a	87,83 a	1,09 a	4,24 a	132,91 a	11,91 a
Sabiá	1045,41 b	51,22 b	1,24 a	2,70 a	51,89 b	6,13 a
Capoeira	1081,80 b	58,30 b	1,31 a	4,13 a	24,61 b	10,23 a
C.V. (%)	45,48	40,19	32,41	43,33	76,02	44,30
Galho						
Acácia	61,70 b	2,01 b	0,06 b	0,16 b	4,16 b	0,19 b
Sabiá	341,62 a	11,55 a	0,29 a	0,79 a	9,81 a	1,77 a
Capoeira	363,69 a	13,23 a	0,33 a	1,04 a	9,08 a	2,17 a
C.V. (%)	53,68	55,75	56,01	65,66	44,64	68,18
Material Fragmentado						
Acácia	763,82 a	39,47 a	0,79 b	1,82 a	37,49 a	3,79 b
Sabiá	977,54 a	56,98 a	1,57 a	3,16 a	55,86 a	6,96 ab
Capoeira	798,57 a	45,46 a	1,36 ab	2,80 a	26,37 a	8,61 a
C.V. (%)	31,39	33,47	42,19	41,33	60,61	48,50
Estrutura Reprodutiva						
Acácia	855,88	27,54	0,46	2,20	12,35	1,62
Total						
Acácia	3760,30 a	156,71 a	2,39 a	8,39 a	187,10 a	16,73 a
Sabiá	2364,57 b	119,74 a	3,11 a	6,66 a	117,56 ab	14,86 a
Capoeira	2244,06 b	116,99 a	3,01 a	7,96 a	60,06 b	21,01 a
C.V. (%)	36,99	28,4	25,38	32,13	57,53	34,18

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, para o mesmo componente pelo teste de Tukey (P > 0,05).

mostrou comportamento sazonal semelhante para biomassa e nutrientes. Esta variação sazonal é comum, com maior produção nos meses mais secos em que as plantas perdem suas folhas sob condições de baixa umidade do solo. Este modelo de aumento da produção de serapilheira no período seco também foi observado em outros sistemas florestais como cacau e floresta secundária em Gana no oeste da África (DAWOE et al., 2010), em florestas tropicais no sudeste asiático (TANG et al., 2010), em agroecossistemas com *Ficus benghalensis* no sudeste da Índia (DHANYA et al., 2013) e em floresta tropical sazonal semidecídua no estado do Sergipe (ALVES WHITE et al., 2013).

O sabiá apresentou maior produção total de biomassa do folheda, seguida da acácia e capoeira (Tabela 4). As três coberturas florestais apresentaram produção de biomassa do folheda muito abaixo do encontrado na literatura (ANDRADE et al., 2000; FERNANDES et al., 2006; GAMA-RODRIGUES et al., 2007; SCHEER et al., 2009). Os conteúdos de C, N, P e K foram maio-

res no sabiá, enquanto o maior aporte de Ca e Mg foi encontrado na acácia, e os menores aportes para todos os nutrientes na capoeira (Tabela 4). Além disso, o folheda do sabiá apresentou os menores teores de polifenóis, lignina e celulose (Tabela 5). Estes resultados corroboram com Costa et al. (2004), em que o sabiá mostrou-se mais eficiente no aporte de nutrientes, associado a sua produção de biomassa. A importância dos nutrientes na serapilheira foi demonstrado por Dhanya et al. (2013) em agroecossistema com

Tabela 5. Concentração de polifenóis, lignina e celulose do folheda produzido de três coberturas florestais.

Table 5. Polyphenols, lignin and cellulose concentration of litter of three forest covers.

Cobertura	Polifenóis	Lignina	Celulose
Acácia	23,85 a	224,17 b	113,00 b
Sabiá	14,61 b	142,98 c	83,75 c
Capoeira	22,83 a	272,97 a	133,28 a
C.V. (%)	22,45	26,62	21,58

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05).

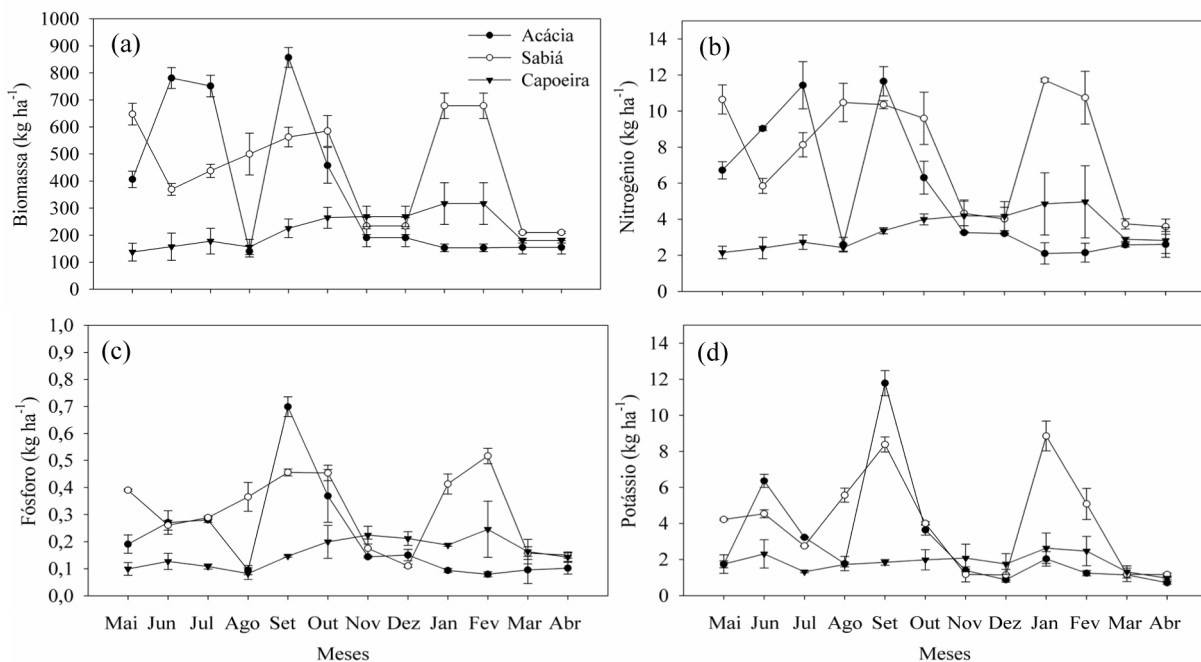


Figura 1. Produção mensal de biomassa (a) e conteúdos de nitrogênio (b), fósforo (c), e potássio (d) de folheda produzido de três coberturas florestais.

Figure 1. Monthly variation in biomass (a) and nitrogen (b), phosphorus (c) and potassium (d) contents in litter fall of three forest covers.

Tabela 4. Biomassa e conteúdo de nutrientes do folheda produzido de três coberturas florestais.

Table 4. Biomass and nutrient content of litter fall of three forest covers.

Cobertura	Biomassa	C	N	P	K	Ca	Mg
Acácia	4,39 b	1,94 b	63,63 b	2,57 b	35,94 b	82,46 a	14,84 b
Sabiá	5,35 a	2,35 a	93,18 a	3,74 a	48,07 a	64,66 b	12,03 a
Capoeira	2,65 c	1,22 c	40,93 c	1,94 c	22,13 c	23,73 c	6,85 c
C.V. (%)	29,14	25,93	33,48	28,87	31,18	44,60	30,85

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05).

Ficus benghalensis no sudeste da Índia, que através de estimação, mostraram que uma produção de 3.512 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de folheto, em decomposição, pode suprir cerca de 76,7% de N, 20,2% de P e 67,8% de K requeridos pelos cultivos.

Na serapilheira acumulada, as coberturas florestais não diferiram significativamente entre si para os teores de polifenóis e lignina na folha (Tabela 6). O teor de celulose na folha foi superior na capoeira, enquanto a acácia obteve a maior relação lignina/N. Os teores médios de lignina na serapilheira acumulada nos três sistemas florestais foram superiores aos observados por Silva et al. (2013) para sabiá (~263 g kg⁻¹), leucena (~197 g kg⁻¹) e gliricídia (~215 g kg⁻¹), porém a relação lignina/N, em média, foi similar (~31). A relação lignina/N no sabiá (26,8) foi inferior à acácia (30,0) e similar ao encontrado por Dhanya et al. (2013) em agroecossistemas com *Ficus benghalensis* no sudeste da Índia (27,6). As maiores relações lignina/N no componente folha pode ser responsável pelo maior acúmulo de serapilheira da acácia (Tabela 2), considerando que as folhas representaram a maior fração constituinte da serapilheira para esta espécie; pois a lignina é um material altamente resistente à decomposição.

O sabiá apresentou maior coeficiente de decomposição (*k*) e conseqüentemente menor tempo médio de residência de nutriente (TMR) para todos os nutrientes, polifenóis, lignina e

celulose, à exceção do Mg (Tabela 7). Andrade et al. (2000) também encontraram valor de *k* em sabiá superior a acácia. Todos os valores de *k* nos três sistemas florestais foram superiores aos observados por Dawoe et al. (2010) para cacau (*k* = 0,22) e floresta secundária (*k* = 0,35) em Gana no oeste da África, enquanto os valores para acácia (*k* = 0,42) e capoeira (*k* = 0,38) foram inferiores aos encontrados por Alves White et al. (2013) em floresta tropical sazonal semi-decídua no Sergipe (*k* = 0,52). Segundo Song et al. (2010) as concentrações de lignina e a razão lignina/N são indicadores de qualidade de serapilheira que poderia muito bem refletir a sua taxa de decomposição em povoamentos florestais, o que pode explicar o maior valor de *k* para o sabiá (*k* = 0,79), que apesar de mostrar teores de lignina similares à acácia, apresentou relação lignina/N inferior, no componente folha.

A capoeira apresentou menor coeficiente de decomposição e maior TMR para N, P, K, Ca, Mg e celulose, enquanto a acácia mostrou maior TMR para polifenóis (Tabela 7). Os valores estimados de TMR devem ser interpretados como indicadores da taxa de ciclagem de nutrientes, ou de potencial de mineralização, devido à possibilidade de ocorrer imobilização durante o processo de decomposição (ADAMS; ATTIWILL, 1986). Além disso, os processos de decomposição e mineralização são influenciados não somente pela qualidade individual dos substratos,

Tabela 6. Concentração de polifenóis, lignina e celulose dos componentes da serapilheira acumulada de três coberturas florestais, e suas relações com a concentração de nitrogênio.

Table 6. Polyphenols, lignin and cellulose concentration of litter components of three forest covers; and its relationships with nitrogen concentration.

Cobertura	Polifenóis	Lignina g kg ⁻¹	Celulose	Lig/N	(Lig+Pol)/N	Pol/N
Folha						
Acácia	9,62 a	452,67 a	192,67 b	30,04 a	42,84 a	0,64 a
Sabiá	9,62 a	478,00 a	214,67 b	26,80 b	38,87 a	0,54 ab
Capoeira	7,67 a	477,00 a	323,00 a	26,04 b	43,66 a	0,42 b
C.V. (%)	20,66	6,26	24,95	9,52	8,63	26,64
Galho						
Acácia	6,67 ab	324,00 b	386,00 a	27,46 a	59,96 a	0,59 a
Sabiá	6,71 a	414,67 a	334,67 b	31,80 a	57,53 a	0,51 a
Capoeira	4,09 b	361,00 b	374,00 ab	28,71 a	57,58 a	0,32 b
C.V. (%)	29,42	12,48	9,20	14,32	11,14	31,02
Material Fragmentado						
Acácia	3,32 a	450,67 b	195,33 a	27,16 a	38,93 a	0,20 a
Sabiá	3,13 a	568,00 a	170,67 a	30,86 a	40,05 a	0,17 a
Capoeira	3,77 a	521,00 a	218,00 a	28,71 a	41,23 a	0,21 a
C.V. (%)	24,71	12,75	21,13	16,71	17,35	26,10
Estrutura Reprodutiva						
Acácia	12,76	328,00	347,33	26,62	54,65	1,04

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, para o mesmo componente pelo teste de Tukey (*P* > 0,05). Os dados de Pol./N dos componentes da serapilheira foram transformados para Log(*x* + 1) para alcançar normalidade.

mas também pela qualidade do microambiente, expressa pela interação de fatores físico-químicos e biota decompositora (GAMA-RODRIGUES et al., 2003). Ao caracterizar a fauna do solo e da serapilheira para estas mesmas coberturas florestais do presente estudo, Manhães et al. (2007) encontraram maior colonização de grupos decompositores na serapilheira da acácia e sabiá, que poderia indicar o maior potencial de decomposição e ciclagem de nutrientes nestas leguminosas, em relação à capoeira.

Os maiores valores eficiências de uso de nutrientes (EUN) foi de P, enquanto os menores foi de N para os três sistemas florestais (Tabela 8). Estes resultados foram corroborados por outros autores em diferentes tipos florestais (BARLIZA; PELÁEZ, 2010; INAGAKI et al., 2011; TANG et al., 2010). Valores altos de EUN indicam eficiência de ciclagem bioquímica, ou seja, a translocação de nutrientes de tecidos velhos/senescentes para tecidos novos da planta (REIS; BARROS, 1990), decorrente da menor disponibilidade de nutrientes no solo, que, por conseguinte produz serapilheira de baixa qualidade acarretando maior quantidade de material acumulado sobre o solo (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002).

Para todas as coberturas florestais a sequência de EUN em ordem decrescente foi de P > Mg > K > Ca > N, com exceção da acácia que apresentou menor EUN para Ca (Tabela 8). Esta mesma sequência foi encontrada por Gama-Rodrigues e Barros (2002) em folheto de floresta natural e povoamentos de *Eucalyptus grandis*/*E. urophylla* e *Joannesia princeps* no sudeste da Bahia e por Tang et al. (2010) em serapilheira de uma floresta tropical secundária no sudeste asiático. Os resultados

evidenciam que o P e não o N é o fator mais limitante na serapilheira para as três coberturas florestais. Isto está de acordo com Vitousek (1984) que mostrou que a produção de folheto em florestas tropicais é limitada pelo fósforo, e atribuiu isso à baixa disponibilidade de P nos solos tropicais altamente intemperizados com alto poder de adsorção. Barliza e Peláez (2010) também chegaram à mesma conclusão, de que o P foi o fator limitante à produtividade em plantios de *A. mangium* em solos degradados pela mineração na Colômbia.

CONCLUSÕES

A produção, acumulação e demais atributos de serapilheira, revela a capacidade diferenciada das leguminosas e da capoeira para reciclar nutrientes.

A acácia acumula mais serapilheira na superfície do solo e o sabiá obteve maior taxa de decomposição e menor tempo de residência de nutrientes, proporcionando assim maior proteção do solo por uma espécie e maior disponibilização de nutrientes por outra, respectivamente.

As leguminosas apresentam-se como boa alternativa para recuperação de áreas de pastagens degradadas pela capacidade de melhorar a fertilidade do solo através da ciclagem de nutrientes via serapilheira.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo auxílio financeiro para realização deste trabalho.

Tabela 7. Valores dos coeficientes de decomposição (k)¹ e do tempo médio de residência de nutriente (TMR)² da serapilheira de três coberturas florestais.

Table 7. Litter turnover rates (k - values)¹ and mean residence time of nutrients (MRT)² of three forest covers.

Cobertura	k ano ⁻¹	C					TMR, ano				
		N	P	K	Ca	Mg	Polifenóis	Lignina	Celulose		
Acácia	0,42	1,94	2,46	0,93	0,23	2,27	1,13	0,41	2,68	2,54	
Sabiá	0,79	1,02	1,29	0,88	0,15	1,82	1,24	0,19	1,57	1,11	
Capoeira	0,38	1,85	2,90	1,56	0,36	2,52	3,07	0,37	2,68	3,42	

⁽¹⁾ Valor k = massa de folheto produzida/massa de serapilheira acumulada (Anderson; Ingram, 1989). ⁽²⁾ TMR = quantidade de nutrientes da serapilheira acumulada/quantidade de nutrientes do folheto produzida (Adams; Attiwill, 1986).

Tabela 8. Eficiência anual de uso de nutriente de três coberturas florestais.

Table 8. Annual nutrient use efficiency of three forest covers.

Cobertura	N	P	K	Ca	Mg
Acácia	69,36 a	1694,87 a	121,76 a	52,85 c	293,61 b
Sabiá	57,39 b	1434,02 b	112,47 a	82,81 b	445,95 a
Capoeira	65,69 ab	1403,86 b	121,40 a	112,21 a	393,40 a
C.V. (%)	12,56	13,79	10,65	32,92	19,85

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEÑOLAZA, P. G.; ZAMBONI, L. P.; RODRIGUEZ, E. E.; GALLARDO, J. F. Litterfall production in forests located at the pre-delta area of the Paraná river (Argentina). *Annals of Forest Science*, Nancy, v. 67, n. 3, p. 311, 2010.
- ADAMS, A. M.; ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling and nitrogen mineralization in eucalypt forests of south-eastern Australia. I. Nutrient cycling and nitrogen turnover. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 92, n. 3, p. 319-339, 1986.
- ALVES WHITE, B. L.; NASCIMENTO, D. L.; PAES DANTAS, T. V.; DE SOUZA RIBEIRO, A. Dynamics of the production and decomposition of litterfall in a Brazilian Northeastern Tropical Forest (Serra de Itabaiana National Park, Sergipe State). *Acta Scientiarum Biological Science*, Maringá, v. 35, n. 2, p. 195-201, 2013.
- ANDERSON, J. N.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods**. Wallingford: CAB International, 1996. 171 p.
- ANDIVIA, E.; FERNÁNDEZ, M.; VÁZQUEZ-PIQUÉ, J.; GONZÁLEZ-PÉREZ, A.; TAPIAS, R. Nutrients return from leaves and litterfall in a Mediterranean Cork Oak (*Quercus Suber* L.) forest in Southwestern Spain. *European Journal of Forest Research*, Berlin, v. 129, n. 1, p. 5-12, 2010.
- ANDRADE, A. G.; COSTA, R. G.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em planossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 777-785, 2000.
- BARLIZA, J. C.; PELÁEZ, J. D. L. Litterfall and nutrient dynamics in *Acacia Mangium* (Mimosaceae) forest plantations of Antioquia, Colombia. Caída de hojarasca y dinámica de nutrientes en plantaciones de *Acacia mangium* (Mimosaceae) de Antioquia, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, Medellín, v. 15, n. 2, p. 289-308, 2010.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; ALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78)
- BELLINGHAM, P. J.; MORSE, C. W.; BUXTON, R. P.; BONNER, K. I.; MASON, N. W. H.; WARDLE, D. A. Litterfall, Nutrient concentrations and decomposability of litter in a New Zealand temperate montane rain forest. *New Zealand Journal of Ecology*, Christchurch, v. 37, n. 2, p. 162-171, 2013.
- 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.
- CELENTANO, D.; ZAHAWI, R. A.; FINEGAN, B.; OSTERTAG, R.; COLE, R. J.; HOLL, K. D.. Litterfall dynamics under different tropical forest restoration strategies in Costa Rica. *Biotropica*, Lawrence, v. 43, n. 3, p. 279-287, 2011.
- CORRÊA, R. S.; SCHUMACHER, M. V.; MOMOLLI, D. R. Litterfall and macronutrients in a *Eucalyptus dunnii* stand in a degraded pasture in Pampa Biome, south Brazil. Deposição de serapilheira e macronutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden sobre pastagem natural degradada no Bioma Pampa. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 65-74, 2013.
- CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo, Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p. 137-158.
- COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 919-927, 2004.
- CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; VELLOSO, A. C. X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da mata atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 5, p.1175-1185. 2009.
- DAWOE, E. K.; ISAAC, M. E.; QUASHIE-SAM, J. Litterfall and litter nutrient dynamics under cocoa ecosystems in lowland humid Ghana. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 330, n. 1, p. 55-64, 2010.

- DHANYA, B.; VISWANATH, S.; PURUSHOTHAMAN S. Does litterfall from native trees support rainfed agriculture? Analysis of *Ficus* trees in agroforestry systems of southern dry agroclimatic zone of Karnataka, southern India. **Journal of Forestry Research**, Tokyo, v. 24, n. 2, p. 333-338, 2013.
- ECLESIA, R. P.; JOBBAGY, E. G.; ROBERT B. JACKSON, R. B.; BIGANZOLI, F.; PIÑEIRO, G. Shifts in soil organic carbon for plantation and pasture establishment in native forests and grasslands of South America. **Global Change Biology**, London, v. 18, p. 3237-3251, 2012.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p. (Documentos Embrapa/CNPq, 1).
- FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHAES, L. M. S.; CRUZ, A. R.; GIÁCOMO, R. G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na flora Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 163-175, 2006.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 193-207, 2002.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Biomass and nutrient cycling in pure and mixed stands of native tree species in southeastern Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 287-298, 2007.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1021-1031, 2003.
- GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; PAULINO, G. M.; FRANCO, A. A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.4, p. 1521-1530, 2008.
- GARAY I.; KINDEL A.; CARNEIRO R.; FRANCO A. A.; BARROS E.; ABBADIE L. Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, viçosa, v. 27, n. 4, p. 705-712, 2003.
- GODINHO, T. O.; CALDEIRA, M. V. W.; CALIMAN, J. P.; PREZOTTI, L. C.; WATZLAWICK, L. F.; AZEVEDO, H. C.; 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, n. 97, p. 131-144, 2013.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, H.; DOMÍNGUEZ-GÓMEZ, T. G.; CANTÚ-SILVA, I.; GÓMEZ-MEZA, M. V.; RAMÍREZ-LOZANO, R. G.; PANDO-MORENO, M.; FERNÁNDEZ, C. J. Litterfall deposition and leaf litter nutrient return in different locations at northeastern Mexico. **Plant Ecology**, Oxford, v. 212, n. 10, p. 1747-1757, 2011.
- HARTEMINK, A. E. **Land use change in the tropics and its effect on soil fertility**. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, *SOIL SOLUTIONS FOR A CHANGING WORLD*, 19., 2010, Brisbane, . **Proceedings...** Brisbane: IUSS, 2010. p. 55-8. 1 DVD-ROM.
- INAGAKI, M.; KAMO, K.; MIYAMOTO, K.; TITIN, J.; JAMALUNG, L.; LAPONGAN, J.; MIURA, S. Nitrogen and phosphorus retranslocation and N:P ratios of litterfall in three tropical plantations: luxurious N and efficient P use by *Acacia Mangium*. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 341, n. 1-2, p. 295-307, 2011.
- INAGAKI, M.; KAMO, K.; TITIN, J.; JAMALUNG, L.; LAPONGAN, J.; MIURA, S. Nutrient dynamics through fine litterfall in three plantations in Sabah, Malaysia, in relation to nutrient supply to surface soil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 88, n. 3, p. 381-395, 2010.
- LEFE, J. W.; WIEDER, W. R.; TAYLOR, P. G.; TOWNSEND, A. R.; NEMERGUT, D. R.; GRANDY, A. S.; CLEVELAND, C. C. Experimental Litterfall manipulation drives large and rapid changes in soil carbon cycling in a wet tropical forest. **Global Change Biology**, London, v. 18, n. 9, p. 2969-2979, 2012.

- LIN, H.; HONG, T.; WU, C.; CHEN, H.; CHEN, C.; LI, J.; LIN, Y.; FAN, H. Monthly variation in litterfall and the amount of nutrients in an *Aleurites montana* plantation. **Forestry Studies in China**, v. 14, n. 1, p. 30-35, 2012.
- LU, S. W.; LIU, C. P. Patterns of litterfall and nutrient return at different altitudes in evergreen hardwood forests of central Taiwan. **Annals of Forest Science**, v. 69, n. 8, p. 877-886, 2012.
- LUGO, A. E.; CUEVAS, E.; SANCHEZ, M. J. Nutrients and mass in litter and soil of ten tropical tree plantations. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 125, n. 2, p.263-280, 1990.
- MANHÃES, C. M. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Caracterização da fauna do solo e da serapilheira de leguminosas florestais em pastagem na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 1220-1223, 2007.
- MOCHIUTTI, S.; QUEIROZ, J. A. L.; MELÉM JR, N.J. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes de um povoamento de taxi-branco e de uma floresta secundária no Amapá. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 52, p. 3-20, 2006.
- MOREIRA, P. R.; SILVA, O. A. D. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 49-59, 2004.
- NUNES, D. A. D.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Potencial de mineralização de C em solos com e sem adição de serapilheira sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 2176-2179, 2009.
- PIRES, L. A.; BRITZ, R. M.; MARTEL, G.; PAGANO, S. N. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 173-184, 2006.
- REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.) **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.265-302.
- RESENDE, A. S.; CHAER, G. M.; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, A. P.; LIMA, K. D. R.; CURCIO, G. R. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas. In: **Tópicos em Ciências do Solo**, Viçosa: SBCS, 2013, v. 8, p. 71-92.
- SANTANA, J. A. S.; VILAR, F. C. R.; SOUTO, P. C.; ANDRADE, L. A. Acúmulo de serapilheira em plantios puros e em fragmentos de mata atlântica na floresta nacional Nísia Floresta – RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 59-66, 2009.
- SCHEER, M. B.; GATTI, G.; WISNIEWSKI, C.; MOCOCHINSKI, A. Y.; CAVASSANI, A. T.; LORENZETTO, A.; PUTINI, F. Patterns of litter production in a secondary alluvial Atlantic Rain Forest in southern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 805-817, 2009.
- SILVA, A. B.; LIRA JUNIOR, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; FIGUEIREDO, M. V. B.; VICENTIN, R. P. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 502-511, 2013.
- SILVA, G. T. A.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; DIAS, P. F.; FRANCO, A. A. Importância da fixação biológica de nitrogênio na sustentabilidade de sistemas agroflorestais. In: GAMA-RODRIGUES, A. C., et al. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2006. p. 257-273.
- SHUKOR, N. A. A.; AWANG, K.; VENKATESWARLU, P.; SENIN, A. L. Three-year performance of *Acacia auriculiformis* provenances at Serdang, Malaysia. **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science**, v. 17, n. 2, p. 95-102, 1993.
- SONG, F.; FAN, X.; SONG, R. Review of mixed forest litter decomposition researches. **Acta Ecologica Sinica**, v. 30, n. 4, p. 221-225, 2010.
- STATSOFT, INC.. **STATISTICA** (data analysis software system), version 8.0, 2007.
- TANG, J. W.; CAO, M.; ZHANG, J. H.; LI, M. H. Litterfall Production, decomposition and nutrient use efficiency varies with tropical forest types in Xishuangbanna, Sw China: A 10-year study. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 335, n. 1, p. 271-288, 2010.

- VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 51, p. 780, 1968.
- VASCONCELOS, I.; ALMEIDA, R. T.; MENDES FILHO, P. F.; LADIM, C. M. V. Comportamento de 13 estirpes de *Rhizobium* sp. em simbiose com sabiá, *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.15, n.1/2, p.133-138, 1984.
- VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V.; LIBERALESSO, E.; CALDEIRA, M. V. W.; WATZLAWICK, L. F. Plantio misto de eucalipto ssp. com leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 16-25, 2013.
- VITOUSEK, P. M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, Washington, v. 65, n. 1, p. 285-298, 1984.
- ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Formas de fósforo no solo sob leguminosas florestais, floresta secundária e pastagem no Norte-Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1191-1197, 2008.

Recebido em 19/08/2013
Aceito para publicação em 22/01/2014