ISSN 0103-9954

PRECIPITAÇÃO E APORTE DE NUTRIENTES EM DIFERENTES ESTÁDIOS SUCESSIONAIS DE FLORESTA ATLÂNTICA, PINHEIRAL - RJ[1]

PRECIPITATION AND NUTRIENT CONTRIBUTION IN DIFFERENT SUCCESSIONAL STAGES OF ATLANTIC FOREST, PINHEIRAL, RIO DE JANEIRO STATE

Anderson Ribeiro Diniz[2] Marcos Gervasio Pereira[3] Fabiano de Carvalho Balieiro[4]
Deivid Lopes Machado[5] Carlos Eduardo Gabriel Menezes[6]

RESUMO

A cobertura florestal possui importância dentro do contexto do balanço hídrico de determinado local, podendo alterar o mecanismo de entrada de água e nutrientes na superfície do solo. Apresenta-se o resultado de um estudo que visou quantificar a precipitação efetiva, a interceptação e a adição de nutrientes na precipitação interna e no escoamento pelo tronco em um remanescente florestal da Mata Atlântica com diferentes estádios sucessionais: floresta secundária em estádio inicial (FSEI), floresta secundária em estádio médio (FSEM) e floresta secundária em estádio avançado (FSEA). O estudo foi conduzido no município de Pinheiral – RJ, durante o período de abril de 2009 a março de 2010. Os valores de precipitação incidente, precipitação efetiva e de interceptação foram similares entre os três estádios avaliados. A área de FSEA apresentou maiores valores de Mg e P na adição de nutrientes via precipitação interna em relação às demais áreas avaliadas. O pH da água da precipitação interna não diferiu entre as áreas, mas foi mais elevado do que o pH da precipitação total. As três áreas avaliadas não apresentaram diferença quanto à adição de nutrientes via escoamento pelo tronco. A área FSEA apresentou uma tendência de maiores valores de adição de nutrientes via precipitação interna e escoamento pelo tronco.

Palavras-chave: balanço hídrico; sucessão; ecologia de comunidades.

ABSTRACT

Forest cover has importance within the context of the water balance of a particular site and may alter the mechanism of entry of water and nutrients to the soil surface. The aim of this study was to quantify the net precipitation, interception, addition of nutrients in throughfall and stem flow in a forest in different stages of regeneration of Mata Atlântica: early-stage secondary forest (ESSF), intermediary stage secondary forest (ISSF) and advanced stage secondary forest (AESF). The study was conducted in Pinheiral, Rio de Janeiro state. The data collection was performed during the period of April 2009 to March 2010. The values of incident precipitation, effective precipitation and interception were similar among the three stages evaluated. The AESF area showed higher values of Mg and P in the addition of nutrients from throughfall compared with other areas assessed. The pH of the precipitation incident did not differ among areas, but was higher than the pH of rainfall. The three areas evaluated showed no difference in the addition of nutrients to flow

1 Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais (PPGCAF) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro para a obtenção do grau de Mestre em Ciências. Projeto Financiado pela FAPERJ.

2 Engenheiro Florestal, Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, BR 465, km 7, CEP 23890-000, Seropédica (RJ). andersonribeiro02@gmail.com

3 Professor Associado III, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 7, CEP 23890-000, Seropédica (RJ). Bolsista do CNPq. gervasio@ufrrj.br

4 Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, CEP 22460-000, Rio de Janeiro (RJ). balieiro@cnps.embrapa.br

5 Engenheiro Florestal, Doutorando em Ciências Florestais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" *Campus* Botucatu, Departamento de Ciências Florestais, Fazenda Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Rodovia Alcides Soares, km 3, Botucatu (SP). deivid.machado@ig.com.br

6 Licenciado em Ciências Agrícolas, Dr, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Nilo Peçanha, Rua José Breves, 550, CEP 27197-000, Pinheiral (RJ). ceduardogm@uol.com.br

Recebido para publicação em 22/04/2011 e aceito em 13/04/2012

through the trunk. The AESF area showed a trend of higher levels of addition of nutrients from throughfall precipitation and runoff from stemflow.

Keywords: water balance; succession; community ecology.

INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal nos ecossistemas florestais possui uma função de destaque no balanço hídrico. A entrada de água e nutrientes é influenciada em função do tipo de vegetação. A cobertura vegetal exerce marcada influência nos modelos de deposição e quantidade das precipitações pluviais que irão alcançar a superfície do solo (ARCOVA et al., 2003). A principal influência da floresta na precipitação ocorre já no recebimento da chuva pelas copas das árvores, quando ocorre o primeiro fracionamento da água, em que parte desta é temporariamente retida pela copa, podendo em seguida ser evaporada para a atmosfera. O restante alcança o solo por precipitação interna ou pelo escoamento de água pelo tronco das árvores. A soma desses dois processos é denominada precipitação efetiva (LIMA, 1985).

Os volumes de água envolvidos na precipitação interna, no escoamento pelo tronco e na interceptação dentro de uma floresta são variáveis e dependem de fatores como a vegetação (LIMA, 1983). Outro fator que também irá influenciar na quantidade de água que irá ser adicionada em um ecossistema florestal são as características da precipitação, em que a maior taxa de interceptação é registrada nas chuvas de baixa intensidade e magnitude (NALON e VELLARDI, 1993).

O processo de ciclagem de nutrientes em um ecossistema envolve a entrada de elementos presentes na atmosfera por meio da precipitação, tendo a contribuição da vegetação que retém partículas trazidas pelo vento nas folhas, posteriormente os nutrientes contidos nessas partículas, ou até mesmo os depositados na superfície da vegetação, serão retirados por meio das chuvas.

Adicionalmente, as águas da chuva ao incidirem sobre a cobertura florestal trazem consigo elementos de constituição mineral e orgânica que se encontram suspensos na atmosfera e, ao atravessar o dossel florestal podem ser absorvidos, contribuindo com a nutrição florestal. O conhecimento desta dinâmica biogeoquímica ajuda a compreender os processos que são responsáveis pela sustentabilidade dos ecossistemas florestais (SOUZA, 2006).

As florestas possuem uma grande importância dentro do contexto do balanço hídrico local, mas ainda são poucos os estudos sobre o fracionamento das chuvas por florestas localizadas dentro do bioma Mata Atlântica em diferentes estádios de regeneração, bem como a adição de nutrientes via precipitação nesses estádios.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi quantificar a precipitação efetiva, a interceptação e a adição de nutrientes na precipitação interna e no escoamento pelo tronco em um remanescente florestal da Mata Atlântica com diferentes estádios sucessionais: floresta secundária em estádio inicial (FSEI), floresta secundária em estádio médio (FSEM) e floresta secundária em estádio avançado (FSEA), ambas localizadas em Mata Atlântica, município de Pinheiral, RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no município de Pinheiral – RJ na região do Médio Vale do Paraíba do Sul (22°33'S e 22°38'S e 43°57'W e 44°05'W) a uma altitude de 420 m. O clima da região, de acordo com Köppen foi identificado como Am – clima tropical chuvoso, de monção, com inverno seco. A região apresenta precipitação anual em torno de 1300 mm e temperatura média anual de 21°C (OLIVEIRA 1998). Para a quantificação da precipitação incidente, escoamento pelo tronco e quantificação dos nutrientes, foi selecionado um fragmento florestal de Mata Atlântica, cuja vegetação original denomina-se Floresta Estacional Semidecidual Submontana, segundo a resolução CONOMA 06 de 1994. O fragmento possui 190 hectares de área e apresenta três diferentes estádios de sucessão de Floresta Atlântica, a saber: Floresta Secundária em Estádio Inicial (FSEI), Floresta Secundária em Estádio Médio (FSEM) e Floresta Secundária em Estádio Avançado (FSEA), conforme indicado na Figura 1.

A FSEI possui aproximadamente 20 anos de regeneração e uma área aproximada de 1 hectare, apresenta como principais características uma fisionomia herbáceo/arbustiva, um pequeno número de espécies lenhosas, 7 espécies no total, com cober-

FIGURA 1: Localização das florestas em diferentes estádios de sucessão em Pinheiral – RJ: Floresta Secundária em Estádio Inicial (FSEI), Floresta Secundária em Estádio Médio (FSEM) e Floresta Secundária em Estádio Avançado (FSEA).

FIGURE 1: Location of forests in different stages of succession in Pinheiral, Rio de Janeiro state: Forest fragment initial (FSEI), Forest fragment medium (FSEM) and Forest fragment advanced (FSEA).

tura de dossel parcialmente fechada, predomínio de espécies heliófilas com reduzidos diâmetros a altura do peito - DAP (média menor 5 cm) e altura (média menor que 5 m). A serapilheira forma uma camada pouco espessa e com um baixo grau aparente de decomposição, observando-se alguns pontos onde não ocorre deposição. A FSEM possui 30 anos de regeneração e apresenta uma área de 1 hectare e sua vegetação é arbustivo/arbórea com um total de (10 espécies) com cobertura fechada, com o início da estratificação da vegetação, surgimento de espécies de sombra, com indivíduos de DAPs entre 5 e 10 cm e altura média de 8 m, além de presença de sub-bosque com lianas lenhosas. Apresenta serapilheira contínua, sobre a qual se observa o surgimento de banco de plântulas. Já a FSEA possui 60 anos de regeneração e foi selecionada dentro de uma área de floresta em estádio avançado de sucessão, foi delimitada uma área de estudo com 1 hectare, onde foram encontradas (35 espécies) que apresentaram valores de DAPs em média de 15 cm e alturas média de 17,5 m. Seu dossel relativamente uniforme no porte, com árvores emergentes, sub-bosque já diferenciado e formado por espécies esciófilas, grande variedade de espécies lenhosas com DAP e altura mais elevada, presença de lianas e epífitas em abundância e camadas de serapilheira contínua, espessa. A identificação destes fragmentos em diferentes estádios de sucessão obedeceu à resolução CONOMA número 06 de 1994.

Avaliação da precipitação total

A precipitação total (PT) foi medida por meio de dois pluviômetros instalados fora das áreas experimentais. Fora da área de FSEA foi instalado um dos pluviômetros e o outro fora das áreas de FSEI e FSEM. Foi utilizado apenas um pluviômetro para as áreas FSEI e FSEM devido à proximidade destas, distância aproximada de 300 m. Os pluviômetros foram constituídos de um funil captador com 225 mm de diâmetro de abertura e de um reservatório de água de 6 litros de capacidade. A quantidade de chuva incidente foi calculada pela expressão: $h = (V/S)*10$, sendo h a altura da lâmina de chuva precipitada expressa em mm, V o volume de água de chuva expresso em cm^3 e S a área da abertura do funil em cm^2. A água destes pluviômetros também foi utilizada como referência na quantificação de adição de nutrientes da precipitação interna (PI) e do escoamento pelo tronco (ET).

Avaliação da precipitação interna

A precipitação incidente no solo por meio do gotejamento de copa, ou precipitação interna (PI), foi medida nas três áreas, sendo em cada área estabelecida uma parcela de 400 metros quadrados, dentro da qual foram instalados, sob o dossel, 15 pluviômetros, constituídos de um funil captador com 100 mm de diâmetro de abertura e de um reservatório de água de 4 litros de capacidade. A quantidade de PI de cada pluviômetro foi calculada pela expressão: $h = (V/S)*10$, sendo h a altura da lâmina da chuva precipitada expressa em mm, V o volume de água de chuva expresso em cm^3 e S a área da abertura do funil em cm^2. A PI média de cada parcela foi obtida pela média dos 15 pluviômetros. A coleta dos dados foi feita a cada evento de precipitação. Os pluviômetros foram instalados apenas na área central das parcelas a uma distância de seis metros um do outro. A coleta dos dados foi realizada durante o período de abril de 2009 a março de 2010.

Escoamento pelo tronco

O escoamento pelo tronco das árvores (ET) na área de FSEA foi coletado por intermédio de dispositivos confeccionados com mangueiras plásticas envolvendo o tronco em formato espiral, contendo calhas para a captação do escoamento pelo tronco. A água capturada foi armazenada em reservatório plástico segundo Laclau et al. (2003). Na água que escoou pelo tronco foram quantificados os nutrientes presentes na suspensão segundo Tedesco et al. (1985). Na área foram instalados 10 coletores em 10 árvores das seguintes espécies: *Pseudopiptadenia* sp. (DC) G.P. Lewis & M.P. Lima, *Matayba* sp. Radlk., *Machaerium nyctitans* (Vell.) Benth, *Machaerium myctitas* (Vell), *Tabernaemontana laeta* (Mart.), *Piptadenia paniculata* (Benth), *Dalbergia nigra* (Vell) e *Cupania* sp. (Camb.). As espécies selecionadas apresentam DAP igual ou superior a 10 cm, este critério de seleção foi escolhido devido ao DAP médio apresentado pela FSEA ser 15 cm.

Nas áreas de FSEM e FSEI, o escoamento pelo tronco foi quantificado por meio de 10 dispositivos coletores em cada área, sendo estes constituídos por um funil acoplado ao redor do tronco das árvores da parcela, tipo colarinho, colado a este por meio de cola de silicone conforme (CASTRO et al., 1983). O funil encontrava-se conectado a um recipiente plástico ligado por mangueira plástica, com função básica de desviar o ET para os recipientes. A quantidade de água escoada pelo tronco das árvores em cada parcela foi convertida em (mm) a partir da divisão do somatório do volume do escoamento pelo tronco das dez árvores (em litros) pelo somatório das áreas das copas das árvores (m^2) onde foram instalados os coletores segundo (MOURA et al., 2009).

Nas áreas de FSEM e FSEI, por apresentarem um menor número de espécies, foram selecionadas as de maior frequência. Na área FSEM a espécie escolhida para a instalação do dispositivo foi *Miconia calvescens* DC. e na área FSEI *Clidemia urceolata* (DC). Nas diferentes áreas de estudo, as áreas das copas foram calculadas mensurando-se o maior e o menor diâmetro de cada copa e utilizou-se a seguinte expressão segundo Almeida (2003).

$$A = [(D_{1+}D_2)/4] \times \pi$$

Em que: A é a área da copa em m^2, D_1 é o maior diâmetro em (m) e D_2 é o menor diâmetro em (m).

A precipitação efetiva (PE) foi calculada pela equação: PE = PI + ET, em que PI é a precipitação incidente e ET é o escoamento pelo tronco. A interceptação (I) foi calculada pela equação: I = PT – PE, onde PT é a precipitação total e PE a precipitação efetiva. No precipitado foram avaliados os teores de N, Ca, Mg, K, Na, P e C e os valores de condutividade elétrica (CE) segundo Tedesco et al. (1985).

Análise dos dados

O conjunto de dados obtidos da análise de cada um dos parâmetros foi inicialmente testado quanto à normalidade da distribuição dos erros (teste de Lilliefors / SAEG 9.1) e homogeneidade de suas variâncias (testes de Cochran e Bartlett / SAEG 9.1), verificando assim o atendimento dos requisitos para o emprego da análise de variância (ANOVA) e estatística paramétrica.

Utilizou-se para comparação dos valores médios de cada parâmetro entre as áreas de estudo, o teste T de Bonferroni a 5% de probabilidade com a utilização do programa estatístico Sisvar 4.6 (FERREIRA, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação da precipitação

Durante o período de estudo, a precipitação média total foi de 1553,3 mm, sendo o período de maior precipitação compreendido entre os meses de novembro a março.

Não foram verificadas diferenças para valores da precipitação total (PT), precipitação incidente (PI), escoamento pelo tronco (ET), precipitação efetiva (PE) e interceptação (I) entre os três estádios de sucessão (Tabela 1).

Da precipitação total incidente, aproximadamente 80% chegou ao solo nos três estádios de sucessão no fragmento. A interceptação foi de aproximadamente 20% nos três estádios. O ajuste de regressões lineares entre a PT com as PI (A) e PE (B) bem como a I (C) e ET (D) nos três estádios de sucessão são apresentados nas Figuras 2, 3 e 4.

Estudos sobre precipitações em florestas tropicais demonstram que, de maneira geral, ocorre um fracionamento da precipitação total, em que de 75 a 96% da precipitação transforma-se em precipitação interna, entre 1 e 2% é convertida em escoamento pelo tronco e entre 4,5 e 24% é interceptada pelas copas das árvores (BRUIJNZEEL, 1990).

TABELA 1: Valores em (mm) e (%) da Precipitação total (PT), Precipitação incidente (PI), Escoamento pelo tronco (ET), Precipitação efetiva (PE) e Interceptação (I) em três estádios de sucessão da Mata Atlântica, Pinheiral - RJ.

TABLE 1: Values in (mm) and (%) total rainfall (TR), troughfall (TF), stem flow (SF), effective rainfall (ER) and intercept (I) at three stages of succession of Mata Atlântica, Pinheiral, Rio de Janeiro state.

Áreas Estudadas	P T		P I		E T		P E		I	
	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%
FSEI	1553,3a	100	1205,8a	77,63	4,12a	0,26	1209,9a	77,89	343,4a	22,11
FSEM	1553,3a	100	1227,8a	79,04	3,47a	0,22	1231,3a	79,26	322,0a	20,73
FSEA	1553,3a	100	1194,1a	76,87	1,76a	0,11	1195,9a	76,99	357,4a	23,01

Em que: FSEI = Floresta Secundária em Estádio Inicial; FSEM = Floresta Secundária em Estádio Médio; FSEA = Floresta Secundária em Estádio Avançado. Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste T de Bonferroni a 5%.

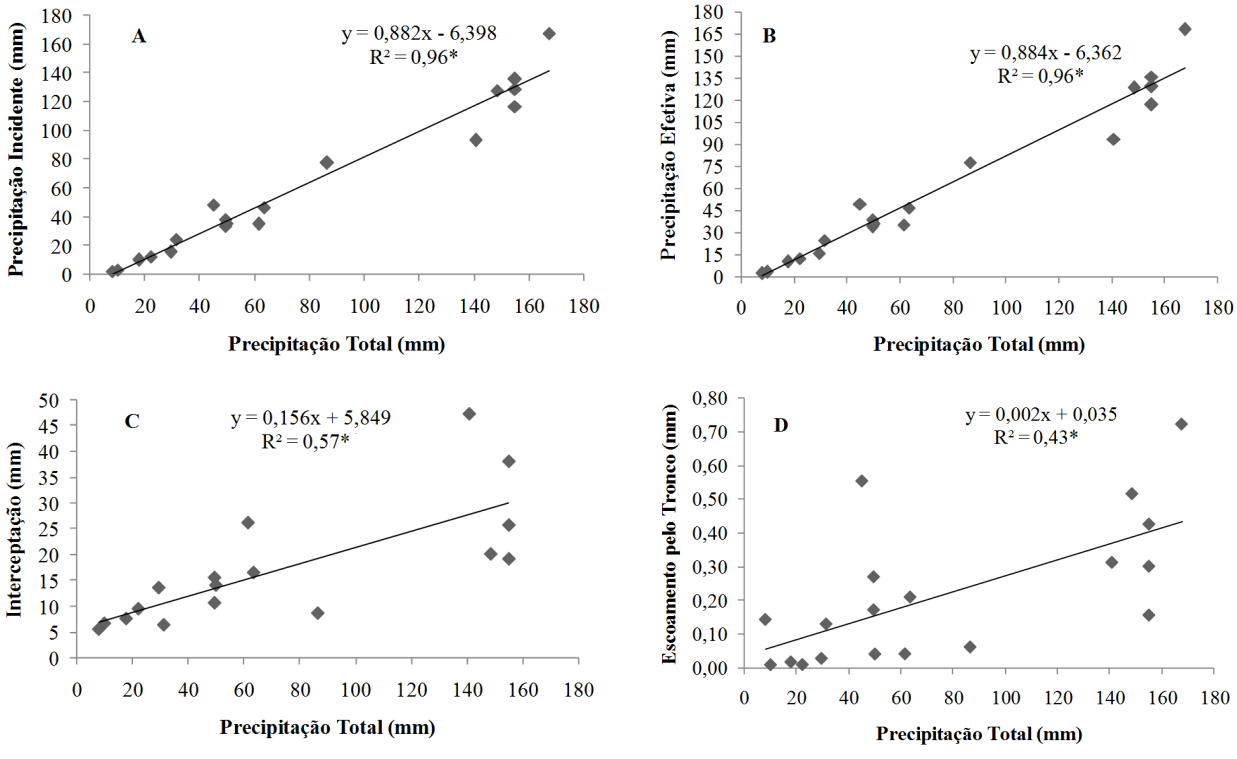

FIGURA 2: Precipitação total *vs*. Precipitação incidente (A); Precipitação efetiva (B); Interceptação (C) e Escoamento pelo tronco (D) sob área de floresta secundária em estádio inicial de sucessão. * significância a 5% de probabilidade.

FIGURE 2: Total precipitation vs. troughfall (A); effective precipitation (B); intercept (C) and steamflow (D) under the secondary forest area in the initial stage of succession. * significance at 5% probability.

Neste estudo esse padrão foi confirmado, visto que as médias da precipitação interna e de interceptação nos três estádios representaram 77,8 e 21,9% do fracionamento da precipitação total incidente nas áreas de estudo.

Os valores de precipitação interna e efetiva observados na FSEM podem ser explicados pelas características da área, onde ocorre um maior espaçamento entre os indivíduos e a presença de espécies caducifólias que durante a queda das folhas em determinada época do ano favorecem uma maior entrada de precipitação no interior desta área. Na área de FSEA os valores de interceptação podem ser atribuídos ao maior tempo de regeneração, cerca de

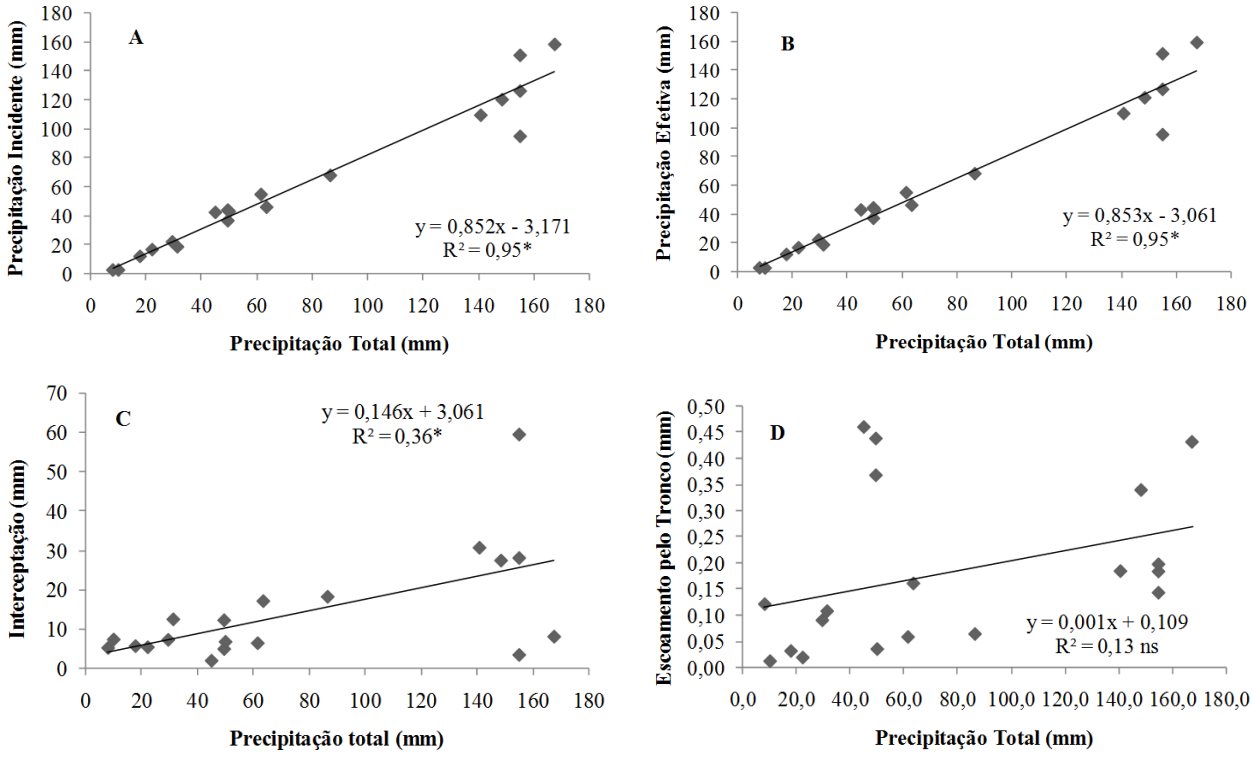

FIGURA 3: Precipitação total *vs*. Precipitação incidente (A); Precipitação efetiva (B); Interceptação (C) e Escoamento pelo tronco (D) sob área de floresta secundária em estádio médio de sucessão. (*) significância a 5% de probabilidade. (ns) não significativo.

FIGURE 3: Total precipitation vs. troughfall (A); effective precipitation (B); intercept (C) and steamflow (D) under the secondary forest area in the intermediary stage of succession. * significance at 5% probability.

60 anos, proporcionando um maior desenvolvimento dos indivíduos, refletindo em maiores médias de áreas de copa cerca de 10m^2, ocorrendo uma maior interceptação da precipitação pelas copas. Shinzato et al. (2011) verificaram correlação positiva entre capacidade de retenção de água com área de copa.

As áreas de FSEM com 25 anos e FSEI com 20 anos de regeneração apresentaram menores áreas, valores médios de copa (5 m^2 e 3,2 m^2), com isso a interceptação nessas duas áreas tendeu a ser menor em comparação à FSEA.

As menores áreas de copas nas áreas de FSEI e FSEM fazem com que um menor volume de água da chuva fique interceptado nas copas, então um volume de água proveniente da precipitação chega diretamente ao solo e rapidamente esta água sai do sistema. Já na área de FSEA, onde ocorre uma maior área de copa, uma grande parte da precipitação é interceptada e fica retida nas copas e gradativamente vai chegando ao solo, contribuindo para a recarga de água do solo. A maior área de copa favorece a interceptação.

Um estudo realizado por Oliveira Junior (2005), sobre a precipitação incidente em um fragmento secundário de Mata Atlântica, corrobora com este estudo realizado em Pinheiral, onde a precipitação incidente correspondeu a 76,7% da precipitação total.

Os valores de escoamento pelo tronco encontrados no trabalho são semelhantes aos observados por Moura et al. (2009) e Arcova et al. (2003), onde o escoamento pelo tronco representou as menores porcentagens da água proveniente da precipitação que chegou ao interior da floresta e que representou menos de 0,5% da precipitação total em áreas de Mata Atlântica avaliadas.

Os valores de precipitação efetiva são semelhantes aos estudos de Oliveira Junior (2005) e de Alves et al. (2007), onde a precipitação efetiva correspondeu à cerca de 80% da precipitação total em áreas de Mata Atlântica.

Os estudos realizados por Oliveira Junior (2005), Alves et al. (2007) e Arcova et al. (2003) em áreas de Mata Atlântica também são similares

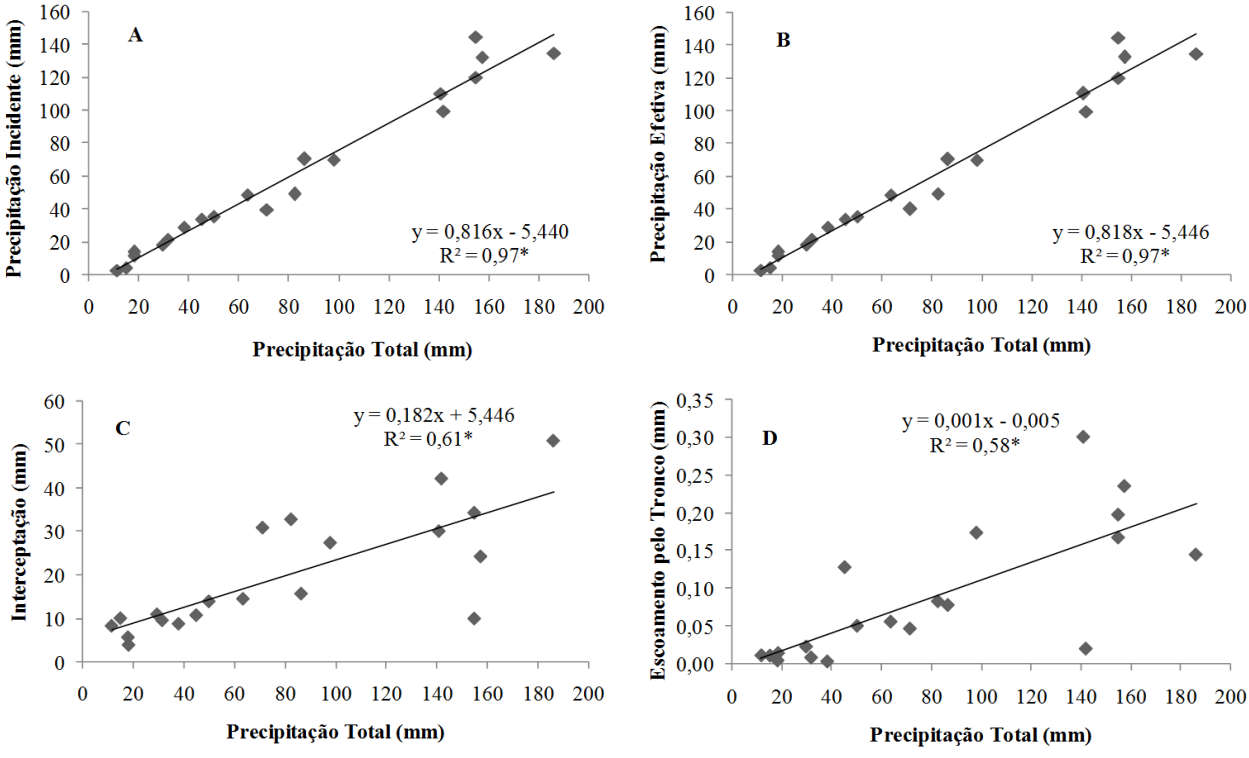

FIGURA 4: Precipitação total *vs*. Precipitação incidente (A); Precipitação efetiva (B); Interceptação (C) e Escoamento pelo tronco (D) sob área de floresta secundária em estádio avançado de sucessão. * significância a 5% de probabilidade.

FIGURE 4: Total precipitation vs. troughfall (A); effective precipitation (B); intercept (C) and steam flow (D) under the secondary forest area in the advanced stage of succession. * Significance at 5% probability.

ao estudo realizado em Pinheiral, onde a interceptação corresponde à cerca de 20% da precipitação total.

Os mais altos valores de regressões ajustadas entre precipitação total e precipitação incidente e precipitação total e precipitação efetiva, e mais baixos entre precipitação total e escoamento pelo tronco e precipitação total e interceptação são similares aos observados nos estudos de Perez-Marin e Menezes (2008), Oliveira et al. (2008), Arcova et al. (2003) e Souza e Marques (2010), onde o aumento do volume da precipitação total ocasionou uma maior precipitação incidente e maior precipitação efetiva.

Nutrientes adicionados via precipitação interna

Com exceção aos teores de P e Mg e os valores de CE, que foram mais elevados para a área FSEA, não foram verificadas diferenças entre as áreas (Tabela 2).

Os valores de pH nas áreas avaliadas são superiores em comparação ao pH da água que foi utilizada como controle, provavelmente este aumento de pH pode ser atribuído à interação da água da chuva com elementos presentes nas copas das árvores que deviam possuir características alcalinas, o que ocasionou uma ligeira alcalinização da água da precipitação interna ao entrar em contato com as copas das árvores.

Foi verificada correlação positiva entre os valores de pH e os teores de magnésio da precipitação interna na área de FSEM (r=0,40 e p=0,09). Já para a área FSEA, foi observada correlação entre os valores de pH da precipitação interna e os teores de cálcio (r= 0,46 e p= 0,09) e magnésio (r= 0,40 e p=0,06).

Resultados semelhantes de pH da precipitação interna foram encontrados por Souza et al. (2007) em um fragmento secundário da Mata Atlântica em Viçosa – MG, onde o pH da precipitação interna foi de 6,9 e o estudo desenvolvido por BACKES (2007) onde o pH da precipitação interna foi de 6,5.

TABELA 2: Valores de CE[(1)], pH[(1)] e conteúdo de nutrientes (kg ha^{-1}) contidos na precipitação interna em três diferentes estádios de sucessão da Mata Atlântica.

TABLE 2: EC values[(1)], pH[(1)] and nutrient content (kg ha^{-1}) contained in the internal precipitation in three different successional stages of Atlantic Forest.

Conteúdo de nutrientes	pH	CE	Na	K	Ca	Mg	P	C
		mS cm^{-1}	----------kg ha^{-1}----------					
Referência	6,3b	0,009c	0,26b	0,63b	0,47b	0,32c	0,02c	0,05b
FSEI	6,6a	0,1488b	0,71a	5,82a	10,48a	7,27b	0,14b	23,67a
FSEM	6,8a	0,1327b	0,53a	5,17a	15,46a	12,03ab	0,09b	23,10a
FSEA	6,5a	0,3142a	0,77a	9,37a	15,68a	14,32a	0,27a	30,50a

Em que: FSEI = Floresta Secundária em Estádio Inicial; FSEM = Floresta Secundária em Estádio Médio; FSEA = Floresta Secundária em Estádio Avançado. Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste T de Bonferroni a 5%.

Comparando os teores de nutrientes da precipitação interna entre os estádios sucessionais avaliados, não se observou diferença para os elementos Ca, K, Na, e os teores de C. Na área de FSEA, verificou-se uma adição de 14,32 kg ha^{-1}de Mg, sendo esses valores próximos aos 11,5 kg ha^{-1} encontrados por Lima (1985) em plantios de *Pinus caribea,* no município de Agudos – SP.

Os maiores valores de Mg nessa área podem ser explicados pelas características químicas do solo que apresentam altos teores de Mg, sendo que este elemento pode ter sido originado da deposição de solo seco nas copas das árvores (MELO e SÁ, 2002). Nas áreas de FSEA também foram observados elevados valores de P, sendo que esses podem ser decorrentes da fácil retirada do P das folhas (PEREZ-MARIN e MENEZES, 2008).

A tendência de aumento da adição de nutrientes da precipitação interna acompanhou o grau de regeneração das áreas avaliadas, onde a área de FSEA apresentou maiores tendências de adição, seguida pela área de FSEM e por fim a área de FSEI. Esta tendência de aumento na adição de nutrientes com o aumento do grau de regeneração também foi relatada pelos trabalhos de Berté et al. (2003), Scheer (2009) e Souza e Marques (2010), onde foi quantificada a adição de nutrientes via precipitação interna em diferentes estádios de regeneração de florestas.

Uma possível explicação para a tendência dos maiores valores de nutrientes na área FSEA pode ser em função do grau de recuperação das áreas, onde na área de FSEA há uma melhor ciclagem de nutrientes e, consequentemente, uma melhor contribuição para a sustentabilidade do ecossistema. Este padrão é explicado pelo estudo de Menezes et al. (2010) realizado nas mesmas áreas no período de abril de 2006 a maio de 2008, onde os autores quantificaram a adição dos macronutrientes N, P e K via decomposição de serapilheira nas três áreas de estudo e verificaram uma maior adição de nutrientes na FSEA em relação às demais áreas.

Nutrientes adicionados via escoamento de tronco

A magnitude dos nutrientes adicionados via escoamento pelo tronco obedeceu à seguinte ordem decrescente: Ca > Mg > K > P > Na > C. Os dados do conteúdo de nutrientes, pH e condutividade elétrica (CE) na água do escoamento pelo tronco são apresentados na Tabela 3.

Dentre os nutrientes adicionados pela precipitação, destacou-se o carbono orgânico nos três estádios de sucessão. A maior concentração deste elemento na água proveniente do escoamento pelo tronco é explicada pela deposição de material orgânico trazido pelo vento e que se deposita sobre as copas e troncos das árvores. Esse material posteriormente, por decomposição, libera substâncias húmicas, especialmente as de baixo peso molecular, que podem contribuir para o aumento do conteúdo de carbono na solução.

A adição de Ca na água do escoamento é decorrente da morte de tecidos vegetais, e posterior liberação desse nutriente. Por meio da lixiviação a água do escoamento torna-se enriquecida neste elemento, sendo esse o principal mecanismo para a sua adição (MELO e SÁ, 2002). Quanto ao Mg, os mesmos autores relatam que a adição deste nutriente na água de escoamento pelo tronco pode ser originada da deposição de solo seco sobre as copas e troncos das árvores das florestas, ocasionando um enriquecimento da água com esse elemento.

Os teores de K encontrados na água do esco-

TABELA 3: Valores de CE[(1)] ,pH[(1)] e conteúdo teor de nutrientes (g ha^{-1}) e (kg ha^{-1}) da água do escoamento pelo tronco em três diferentes estádios de sucessão da Mata Atlântica.

TABLE 3: EC values[(1)], pH[(1)] and nutrient content (g ha^{-1}) and (kg ha^{-1}) contained in the stem flow in three different successional stages of Atlantic Forest.

Conteúdo de nutrientes	pH	CE	Na	K	Ca	Mg	P	C
		mS cm^{-1}	----------g ha^{-1}----------				kg ha^{-1}	
Referência	6,3b	0,009c	0,26b	0,63b	0,47b	0,32b	0,02b	0,05c
FSEI	6,6a	0,0581b	35,0a	271,3a	487,3a	367,7a	62,4a	1,55a
FSEM	6,8a	0,0375b	27,0a	230,4a	359,8a	375,1a	48,3a	1,41ab
FSEA	6,5a	0,1071a	17,7a	226,6a	385,8a	321,1a	64,6a	0,93b

Em que: FSEI = Floresta Secundária em Estádio Inicial; FSEM = Floresta Secundária em Estádio Médio; FSEA = Floresta Secundária em Estádio Avançado. Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Bonferroni a 5%.

amento pelo tronco no estudo podem ser explicados pela fácil lixiviação desse nutriente, já que o mesmo não faz parte das estruturas das células dos vegetais. Adicionalmente, possíveis queimadas na região, poderiam também contribuir para a deposição deste elemento sobre as superfícies das folhas e posterior lixiviação. A lixiviação seria um dos principais fatores que estaria contribuindo para a adição desse elemento na água, conforme observados por Eaton (1973) e Costa et al. (2005).

O P apresentou as menores concentrações em relação aos demais nutrientes, com exceção ao Na. As menores concentrações de P presente na água estão associadas ao fato do P ser mais dificilmente lixiviado, sendo a sua ciclagem predominantemente em função da deposição da serapilheira (LIMA, 1985).

O Na apresentou os menores valores em magnitude em relação aos demais. As menores concentrações podem ser explicadas pela distância das áreas de estudo em relação ao litoral, já que Martins (1997) encontrou valores mais elevados em trabalho realizado próximo ao mar.

A grande quantidade de nutrientes encontrada na água do escoamento pelo tronco em relação à água da precipitação incidente revela a grande importância do escoamento pelo tronco na ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. Perez-Marin e Menezes (2008) verificaram que a concentração de nutrientes na água de escoamento pelo tronco foi 300% superior aos teores de P e cerca de 600% superior a concentração de K quando esses teores eram comparados com aqueles adicionados via precipitação incidente.

A importância da adição de nutrientes via escoamento pelo tronco também foi comprovada pelo trabalho de Balieiro et al. (2007), onde os autores quantificaram a adição anual de 0,33 kg de P, 10,0 kg de K, 2,0 de Ca, 2,87 kg de Mg ha^{-1} e 3,12 kg de Na em áreas de plantios de *Eucalyptus grandis* consorciado com *Pseudosamanea guachapele* em Seropédica – RJ.

Avaliando a taxa de adição de nutrientes via escoamento pelo tronco em áreas de Cerrado em Botucatu –SP, Mafra et al. (1998) quantificaram uma adição via escoamento pelo tronco anual de 0,2 kg de P, 0,5 kg de K, 0,1 kg de Ca e 0,1 kg de Mg. Os mesmos autores em um estudo em um sistema agroflorestal quantificaram uma adição anual de 0,1 kg de P, 1,0 kg de K, 0,1 kg de Ca e 0,2 kg de Mg.

Uma possível explicação para a tendência dos maiores valores de nutrientes da água via escoamento pelo tronco em Pinheiral-RJ, na FSEA, pode ser atribuída ao grau de recuperação das áreas, onde na área de FSEA há uma maior ciclagem de nutrientes e, consequentemente, uma melhor contribuição para a sustentabilidade do ecossistema.

CONCLUSÕES

A interceptação da chuva mostrou-se semelhante nos três estádios avaliados correspondendo a 22,11% na FSEI, 20,74% na FSEM e 23,02% na FSEA.

A precipitação efetiva foi semelhante nos três estádios e representou 77,89% na FSEI, 79,26% na FSEM e 76,98% na FSEA da precipitação total.

Com exceção aos teores de P e Mg e os valores de CE, que foram mais elevados para a área FSEA, não foram verificadas diferenças entre as áreas.

A magnitude dos nutrientes adicionados via escoamento pelo tronco obedeceu à seguinte ordem decrescente: Ca > Mg > K > P > Na>C.

A precipitação interna e o escoamento pelo tronco são uma fonte de adição de nutrientes em ecossistemas florestais.

AGRADECIMENTOS

À UFRRJ, ao CNPq, à FAPERJ e ao IFET Rio de Janeiro – Campus Nilo Peçanha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. L. **Desrama artificial em clones de híbridos de Eucalyptus grandis X E. urophylla com diferenças em arquitetura de copa.** 166p. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2003.

ALVES, R. F. et al. Avaliação da precipitação efetiva de um fragmento de Mata Atlântica em diferentes estádios de regeneração no município de Viçosa – MG. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté**,** v. 2, n 1, p. 83-93, 2007.

ARCOVA, F. C. S.; CICCO, V. de.; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n.2, p. 257-262, 2003.

BACKES, A. Precipitação pluviométrica e concentração de nutrientes minerais na água de chuva na região da floresta nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, **Botânica**, São Leopoldo, n. 58, p. 331-346, 2007.

BALIEIRO, F.C. et al. Evaluation of the throughfall and stemflow nutrient contents in mixed and pure plantations of *Acacia mangium*, *Pseudosamenea guachapele* and *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 339-346, 2007.

BERTÉ, L. et al. Contribuição de Floresta Atlântica em regeneração para a deposição de nitrogênio e potássio através da água da chuva. In: SEMINÁRIO NACIONAL DEGRADAÇÃO AMBIENTAL. Foz do Iguaçu, Seminário Nacional Degradação e Recuperação Ambiental - Perspectiva Social, Curitiba: FUPEF.2003.

BRUIJNZEEL, L. A. The hydrological cycle in moist tropical forest. In: BRUIJNZEEL, L. A. **Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion:** a state of knowledge reiview. Amsterdam, 1990. p. 5-38.

CASTRO, P. S. et al. Interceptação da chuva por mata natural secundária na região de Viçosa, MG. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 7, p. 76-89, 1983.

CONAMA. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução 006 de 4 de maio de 1994**. site: http://www.mma.gov.br/conama/legiano1.cfm. Consulta: 25 de janeiro de 2010.

COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CUNHA, G. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, p. 563-570, 2005.

EATON, J. S.; LIKEAS, G. E.; BORMANN, F. . Throughfall and stemflow chemistry in a northern hardwood forest. **Journal of Ecology**, v .61. p. 495-508. 1973.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.6.** Lavras: DEX/UFLA, 2004. 32 p.

LACLAU J. P. et al. Nutrient cycling in a clonal stand of *Eucalyptus* and an adjacent savanna ecosystem in Congo 1. Chemical composition of rainfall, throughfall and stemflow solutions. **Forest Ecology and Management**, v. 176. p. 105-119, 2003.

LIMA, W. P. Ação das chuvas no ciclo biogeoquimico de nutrientes em plantações de pinheiros tropicais e em cerradão. **IPEF**, v. 30, p. 13-17, 1985.

MAFRA, A. L. et al. Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestal do tipo .cultivoem aléias. e em cerrado na região de Botucatu, SP. **Scientia Foretalis,** n. 54 p. 41-54, 1998.

MARTINS, A. R. A. **Ciclagem hidrológico química:precipitação incidente, precipitação sob dossel e solução do solo, em área de floresta, em Benevides - PA**. 76 f. 1997. Dissertação de Mestrado (Faculdade de Ciências Agrárias do Pará). Belém, Pará. 1997.

MELO, V. S.; SÁ, T. D. A. Variação temporal de nutrientes na água escorrida pelo caule em floresta primária explorada no Nordeste do Pará. **Acta Amazônica**,v. 32, n. 4 p. 605-612. 2002.

MENEZES, C. E. G. **Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ**. 2008. 172 f. Tese (Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Seropédica, 2008.

MENEZES, C. E. G. et al. **Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassaradicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 439-452 jul.-set., 2010.

MOURA, A. E. S. S. et al. Interceptação das chuvas

em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE**. Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n., p.461-469, 2009.

NALON, M. A.; VELLARDI, A. C. V. Estudo dobalanço hídrico nas escarpas da serra do mar,região de Cubatão, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 5, n. 1, p. 39-58, 1993.

OLIVEIRA, J. A. **Caracterização física da Bacia do Ribeirão Cachimbal-Pinheiral (RJ) e de suas principais paisagens degradadas**. 1998. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica,1998.

OLIVEIRA, L. L. et al. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 723 – 732, 2008.

OLIVEIRA-JUNIOR, J. C. **Precipitação efetiva em floresta estacional semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, Viçosa, Minas Gerais**. Universidade Federal de Viçosa. 2005. 88 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2005.

PEREZ-MARIN, A. M.; MENEZES, R. S. C.; Ciclagem de nutrientes via precipitação pluvial total, interna e escoamento pelo tronco em sistema agroflorestal com *Gliricidia sepium***. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2573-2579, 2008.

SHINZATO, E. T. et al. Escoamento pelo tronco em diferentes povoamentos florestais na Floresta Nacional de Ipanema em Iperó, Brasil. **Sciencia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 395-402, 2011.

SOUZA, L. C. **Dinâmica de nutrientes na precipitação, em solução de solo e lençol freático em três tipologias florestais sobre Espodossolo, no litoral do Paraná**. 2006. 131 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Paraná, 2006.

SOUZA, V. V. et al. Análise da qualidade das águas das precipitações em aberto e efetiva em um fragmento secundário da Mata atlântica , no Município de Viçosa – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 737-743, 2007.

SOUZA, L. C. de; MARQUES, R. Fluxo de Nutrientes em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no Litoral do Paraná. **Floresta,** Curitiba, v. 40, n.1, p. 125-136, 2010.

SCHEER, M. B. Fluxo de nutrientes pela precipitação pluviométrica em dois trechos de floresta ombrófila densa em Guaraqueçaba, Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n.1, p. 117-130, 2009.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S.J. ; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985.188 p. (Boletim técnico de solos, 5).