

**UFRRJ  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**Dissertação**

**Dinâmica de Fragmentos Florestais da Mata Atlântica na Região  
do Médio Vale Paraíba do Sul, Rio de Janeiro**

**ANDERSON RIBEIRO DINIZ**

**2011**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS**

**DINÂMICA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA  
NA REGIÃO DO MÉDIO VALE DO PARAÍBA DO SUL, RIO DE  
JANEIRO.**

**ANDERSON RIBEIRO DINIZ**

*Sob a orientação do Professor*

**Marcos Gervasio Pereira**

**e**

*Co-orientação do Pesquisador*

**Fabiano de Carvalho Balieiro**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

**Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2011**

333.750981

D685d

T

Diniz, Anderson Ribeiro, 1985-.

Dinâmica de fragmentos florestais da Mata Atlântica na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Rio de Janeiro / Anderson Ribeiro Diniz - 2011.

77 f.: il.

Orientador: Marcos Gervasio Pereira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Bibliografia: f. 54-65.

1. Florestas – Mata Atlântica – Teses. 2. Ecologia florestal – Teses. 3. Paisagens fragmentadas - Teses. I. Pereira, Marcos Gervasio, 1965-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais . III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

**ANDERSON RIBEIRO DINIZ**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM:18/02/2011

---

Marcos Gervasio Pereira. Prof. Dr. UFRRJ  
(Orientador)

---

Alexander Silva de Resende. Dr. Embrapa Agrobiologia

---

Luciano de Oliveira Toledo Prof. Dr. –IFES– Campus Santa Teresa

*Aos meus pais,  
Aos meus irmãos e  
Amigos.  
**Dedico***

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo Dom da vida e que me permitiu a realização deste trabalho.

A meus pais José Vitor Diniz e Neusa Ribeiro Diniz por estarem sempre presentes e pelo incentivo.

Aos meus irmãos pelo apoio.

A minha querida madrinha Áurea pelos conselhos e orações.

Ao Professor Marcos Gervasio Pereira pela amizade, ensinamentos ao longo do caminho e exemplo de dedicação e seriedade em tudo o que faz.

Ao Pesquisador Fabiano de Carvalho Balieiro pelas orientações.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro que me deu a oportunidade de cursar o ensino superior.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

A FAPERJ pelo financiamento do projeto de pesquisa, através do Edital Soluções para o Meio Ambiente.

Ao CNPq pela concessão a bolsa.

Ao Diretor Geral do IFRJ – Campus Nilo Peçanha - Pinheiral, Professor Carlos Eduardo Gabriel Menezes pela amizade, confiança, ensinamentos e imensa colaboração na realização deste trabalho.

Aos amigos Deivid Lopes Machado e Guilherme Henrique de Almeida Pereira pela grande ajuda nas coletas de campo inclusive nos feriados e finais de semana que não foram poucas.

As amigas Paula Fernanda e Eloísa Benazzi pela ajuda nas análises de laboratório.

Ao Daniel Carvalho e ao Felipe Cito pela ajuda no trabalho de campo e na cubagem das árvores.

Aos colegas de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Florestais: Bruna, Deivid, Denivam, Keila, Kelly, Karine, Lorena, Renata Rosana e Vanessa pela amizade.

E a todos os demais amigos do Laboratório de Gênese e Classificação dos Solos: Arcângelo, Michele, Celeste, André, Sidney, Edilene, Thiago, Itaynara, Júlio, Wanderley, Shirlei, Fernando, Lauana, Thaís, Roni e Rafael pelo convívio e momentos de descontração.

E a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

**Muito Obrigado!**

## **BIOGRAFIA**

Anderson Ribeiro Diniz nasceu no dia 26 de Janeiro de 1985 na cidade de Itamonte, Estado de Minas Gerais, filho de José Vitor Diniz e Neusa Ribeiro Diniz. Concluiu o curso de graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em dezembro de 2008. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica do CNPq no Grupo de Pesquisa de Ciclagem de Nutrientes da Embrapa Agrobiologia. Em março de 2009 ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

## RESUMO

DINIZ, Anderson Ribeiro. **Dinâmica de Fragmentos Florestais da Mata Atlântica na Região do Médio Vale do Paraíba do Sul – Rio de Janeiro**. 2011. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

A Mata Atlântica é um dos biomas mais ameaçados do mundo. Apesar de sua riqueza em termos de biodiversidade, ocupa hoje apenas 11-16% da área original e aparece como um mosaico de fragmentos na paisagem. No Estado do Rio de Janeiro e, especialmente, no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, a degradação da floresta e da paisagem foi favorecida por vários ciclos de cultivo e o relevo, extremamente acidentado. Hoje os fragmentos da região estão imersos principalmente em matrizes de pastagens degradadas. Informações sobre os ciclos biogeoquímicos nestes componentes da paisagem é importante e também são escassos e com isso podem contribuir para programas de conservação biológica. Neste sentido, este estudo foi realizado para caracterizar a dinâmica de nutrientes de um fragmento em diferentes estádios sucessionais (Floresta Secundária em Estádio Inicial - FSEI, Floresta Secundária em Estádio Médio – FSEM e Floresta Secundária em Estádio Avançado, FSEA) e os compartimentos de carbono e nutrientes e seus fluxos. O acúmulo de carbono na fitomassa e na biomassa de raízes finas abaixo do solo (<2 mm) foram estimados usando equações alométricas e o método do monólito, respectivamente. A abundância natural de  $^{13}\text{C}$  foi utilizada para avaliar a contribuição da vegetação sobre a matéria orgânica do solo. A contribuição das chuvas e da floresta para a ciclagem de nutrientes dentro do fragmento foi monitorada por um esquema de amostragem semanal. Quinze pluviômetros e dez coletores de escoamento pelo tronco à altura do peito foram instalados em árvores selecionadas dentro de cada área de estudo. Todos os compartimentos foram monitorados durante um ano. Um estudo foi desenvolvido utilizando Sistema de Informação Geográfica para avaliar a expansão do fragmento ao longo de um cronossequência de 30 anos. A área de FSEA apresentou a maior riqueza de famílias botânicas (34 famílias) e de fitomassa aérea ( $171 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e também a tendência de maior estoque de carbono e de nutrientes neste compartimento. A maior biomassa de raízes finas estavam concentrados na camada superficial do solo (0-10cm) para todos os fragmentos e estações do ano, com ( $3,08 \text{ Mg ha}^{-1}$  na estação seca e  $2,51 \text{ Mg ha}^{-1}$  na estação chuvosa), mas os maiores foram detectados na área de FSEA. Apesar da maior biomassa de raízes finas na FSEA os fluxos de  $\text{CO}_2$  do solo foi maior na área de FSEM ( $16,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) em comparação com o FSEA ( $13,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e FSEI ( $15,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). A área de FSEA apresentou aumento dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  na camada de 0-10 cm em relação à camada de 10-20 cm, passando de (-27,2‰ para -26,5‰) sendo que os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  se estabilizaram a partir de 60 cm de profundidade. O mesmo padrão também foi observado na área de FSEM onde os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  aumentaram na camada de 0-10 cm em comparação a camada de 10-20 cm. Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  passaram de -26,5‰ para -25,2‰ nas respectivas camadas e também se estabilizaram a partir de 60 cm. Este padrão de valores de  $^{13}\text{C}$  é um indicativo de que a regeneração já causou uma alteração na matéria orgânica do solo nas áreas de FSEA e FSEM. Portanto, podemos chegar à conclusão de que, apesar da paisagem fragmentada do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, a memória ecológica de Mata Atlântica na região, contribuiu para um aumento da área do fragmento.

**Palavras- Chave:** Fragmentação, Ciclagem de nutrientes, Dinâmica da Paisagem.

## ABSTRACT

DINIZ, Anderson Ribeiro. **Dynamics of Forest Fragments of the Atlantic Region of the Middle Valley Paraíba do Sul – Rio de Janeiro**. 2011. 77p. Dissertation (Master's in Environmental and Forest Sciences). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

Atlantic Forest is one of the most threatened biome in the world. Despite of its richness in terms of biodiversity it occupies only 11-16% of the original area and appears as a mosaic of fragments in the landscape. At Rio de Janeiro State and especially in Middle Valley of Paraíba do Sul River, the forest (and landscape) degradation was favored by several crop cycles and relief, extremely hilly. Today the fragments in the region are immersed mainly in pasture matrix with a low capacity support. The knowledge of biogeochemistry cycles in these important landscape components is scarce and could contribute for a biological conservation programs. In this direction, this study was carried out to characterize the structure of tree fragment in different successional stages (initial - IS, intermediary – INS and advanced stages, AS) and those carbon and nutrient compartments and fluxes. Above and below ground (fine roots: <2 mm) biomass and carbon accumulation were estimated using allometric equations and monolith method, respectively. Natural abundance of  $^{13}\text{C}$  was used to evaluate the dynamic of soil organic matter. The contribution of rainfall and forest for nutrient cycling inside the fragment was accessed by a biweekly sampling program. Fifteen pluviometers and ten stemflow collectors were installed at the breast height of selected trees to represent each fragment and compartment. All those compartments were monitored for 1 year, but the sampling frequency was weekly. An addition study was developed using geographic information system to evaluate the expansion of those fragment over a 30 years chronosequence. The AS fragment presents the highest richness (thirty four botanic families), aboveground biomass (one hundred seventy one  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) a tendency to stock more carbon and nutrients in this compartments. Fine roots were concentrated in the superficial soil layer (0-10cm) for all fragments and season (3,08  $\text{Mg ha}^{-1}$  dry and 2,51  $\text{Mg ha}^{-1}$  wet), but highest values were detected to AS fragment. Despite of this biomass the  $\text{CO}_2$  soil efflux was higher to INS fragment (16,0  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) in comparison to AS (13,5  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) and IS ( 15,5  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) fragment. Areas of AS and INS had showed an increase of  $\delta^{13}\text{C}$  values in the 0-10 cm layer in relation to the layer of 10-20 cm, from (-27.2 ‰ to -26.5 ‰) and in AS -26.5 ‰ to -25.2 ‰ in INS and the values of  $\delta^{13}\text{C}$  stabilize from 60 cm deep. This is an indication that the progress of regeneration of forest areas are already reflected in soil carbon. Therefore arrive at the conclusion that despite of fragmented landscape of Middle Valley of Paraíba do Sul River, the ecological memory of Atlantic Forest in the region, associated to decline in cattle management contributed to an increase of fragments area.

**Key words:** Remote Sensing, Nutrients, Fragmentacion.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Famílias, espécies e classificação por grupos sucessionais amostradas nas diferentes áreas de estudo. P (pioneiras), SI (secundária inicial), ST (secundária tardia), C (clímax), NI (não identificada)..	26
<b>Tabela 2.</b> Espécies, Densidade Relativa (DR), Frequência Relativa (FR), Dominância relativa (DOR) e Valor de Importância (VI) encontradas na floresta secundária em estágio inicial de sucessão (FSEI).....	27
<b>Tabela 3.</b> Espécies, Densidade Relativa (DR), Frequência Relativa (FR), Dominância relativa (DOR) e Valor de Importância (VI) encontradas na floresta secundária em estágio médio de sucessão (FSEM). .....	28
<b>Tabela 4.</b> Espécies, Densidade Relativa (DR), Frequência Relativa (FR), Dominância relativa (DOR) e Índice de Valor de Importância (VI) encontradas na floresta secundária em estágio avançado de sucessão (FSEA).....	29
<b>Tabela 5.</b> Fitomassa seca total e estoque de carbono nas áreas de FSEM e FSEA. ....	31
<b>Tabela 6.</b> Estoque de nutrientes e carbono contidos no lenho da espécie <i>Miconia calvescens</i> na FSEM. ....	32
<b>Tabela 7.</b> Estoque de nutrientes e carbono contidos no lenho das espécies <i>Trichilia casareti</i> e <i>Anadenanthera macrocarpa</i> na FSEA.....	33
<b>Tabela 8.</b> Valores de biomassa radicular <sup>(1)</sup> nos diferentes estádios sucessionais <sup>(2)</sup> avaliados em período chuvoso e seco. ....	34
<b>Tabela 9.</b> Conteúdo de nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> ) da biomassa radicular em áreas de floresta secundária em diferentes estádios sucessionais em dois períodos do ano (seco e chuvoso)....	36
<b>Tabela 10.</b> Valores da evolução de CO <sub>2</sub> nos diferentes estádios sucessionais.....	38
<b>Tabela 11.</b> Valores em (mm) e (%) da Precipitação Total (PT), Precipitação Incidente (PI), Escoamento de Tronco (ET), Precipitação Efetiva (PE) e Interceptação (I) em três estádios de sucessão da Mata Atlântica no município de Pinheiral - RJ. ....	38
<b>Tabela 12.</b> Precipitação total (mm) no município de Pinheiral-RJ.....	39
<b>Tabela 13.</b> Valores de luminosidade medidos no interior de cada estágio sucessional. ....	40
<b>Tabela 14.</b> Valores de CE, pH e quantidade de nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup> contidos na precipitação interna em três diferentes estádios de sucessão da Mata Atlântica.....	45
<b>Tabela 15.</b> Valores de CE, pH e conteúdo teor de nutrientes (g ha <sup>-1</sup> ) contidos no escoamento de tronco em três diferentes estádios de sucessão da Mata Atlântica.....	47
<b>Tabela 16.</b> Expansão da área do fragmento florestal ao longo do tempo, no município de Pinheiral – RJ. ....	51

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização da área de estudo no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: FUNDAÇÃO CIDE (Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro). .....	9
<b>Figura 2.</b> 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). .....	11
<b>Figura 3.</b> Vista interna da área FSEI em Pinheiral – RJ. ....	12
<b>Figura 4.</b> Vista interna da área FSEM em Pinheiral – RJ. ....	12
<b>Figura 5.</b> Vista da área FSEA em Pinheiral – RJ. ....	13
<b>Figura 6.</b> Representação esquemática da cubagem realizada nas áreas de floresta secundária em estádio médio e avançada .....	15
<b>Figura 7.</b> Amostragem realizada com trado de incremento para retirada de amostra de madeira. 17	
<b>Figura 8.</b> Monólito sendo retirado para amostragem da biomassa de raízes finas, nos diferentes estádios de sucessão em Pinheiral – RJ. ....	18
<b>Figura 9.</b> Pluviômetro instalado fora das áreas de estudo para a quantificação da precipitação total. ....	19
<b>Figura 10.</b> Pluviômetro instalado dentro das áreas de estudo para a quantificação da precipitação interna. ....	20
<b>Figura 11.</b> Coletor de escoamento de tronco instalado na área FSEA de regeneração. ....	21
<b>Figura 12.</b> Coletor de escoamento de tronco instalado nas áreas de FSEI e FSEM em Pinheiral – RJ. ....	21
<b>Figura 13.</b> Imagem LANDSAT-5 tratada pelo método “6S”. ....	24
<b>Figura 14.</b> Número de espécies encontradas nas áreas de diferentes estádios sucessionais deste estudo. 30	
<b>Figura 15.</b> Médias mensais da precipitação total dos anos de 2006 a 2008 e precipitação total do ano de 2009. ....	39
<b>Figura 16.</b> Fluxo de água de precipitação Total vs. Precipitação Incidente (A); Precipitação Efetiva (B); Interceptação (C) e Escoamento de Tronco (D) sob área de floresta secundária em estádio inicial de sucessão. ....	42
<b>Figura 17.</b> Fluxo de água de precipitação Total vs. Precipitação Incidente (A); Precipitação Efetiva (B); Interceptação (C) e Escoamento de Tronco (D) sob área de floresta secundária em estádio médio de sucessão. ....	43
<b>Figura 18.</b> Fluxo de água de precipitação Total vs. Precipitação Incidente (A); Precipitação Efetiva (B); Interceptação (C) e Escoamento de Tronco (D) sob área de floresta secundária em estádio avançado de sucessão .....	44
<b>Figura 19.</b> Valores médios de cinco repetições da abundância natural de <sup>13</sup> C nas diferentes áreas e profundidades. ....	48
<b>Figura 20.</b> Dinâmica de expansão do fragmento ao longo do tempo, período 1986 -2007. .	50

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1	Levantamento florístico e fitossociológico	3
2.2	Medidas da fitomassa arbórea e do teor de carbono relacionado	4
2.3	Biomassa das Raízes Finas	4
2.4	Emissão de CO <sub>2</sub> do solo	5
2.5	Precipitação no interior de florestas	6
2.6	O Sistema de Informações Geográficas no monitoramento da qualidade ambiental	7
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Localização e Caracterização da Área de Estudo</b>	<b>9</b>
<b>3.2</b>	<b>Métodos</b>	<b>10</b>
3.2.1	Caracterização das parcelas de estudo	10
3.2.2	Levantamento florístico e fitossociológico	14
3.2.3	Quantificação da fitomassa do lenho e estoque de carbono	14
3.2.4	Seleção dos indivíduos para quantificação do estoque de nutrientes	14
3.2.5	Processo de cubagem dos indivíduos selecionados	14
3.2.6	Cálculo dos volumes das seções	15
3.2.7	Quantificação da biomassa das raízes	15
3.2.8	Determinação do estoque de nutrientes nas parcelas	16
3.2.9	Determinação da Densidade Básica	17
3.2.10	Quantificação do estoque de carbono e fitomassa	17
3.2.11	Biomassa de raízes finas e teores de nutrientes	17
3.2.12	Quantificação da evolução de CO <sub>2</sub> do solo	18
3.2.13	Avaliação da precipitação e análise dos nutrientes adicionados via precipitação	18
3.2.14	Quantificação da luminosidade no interior das áreas de estudo	22
3.2.15	Origem do Carbono no solo (13C)	22
3.2.16	Análise temporal do fragmento e uso da terra em diferentes datas	22
3.2.17	Aquisição das Imagens	22
3.2.18	Tratamento das imagens	23
3.2.19	Georreferenciamento das imagens	23
3.2.20	Tratamento das imagens	23
3.2.21	Análises Estatísticas	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>25</b>
4.1	Levantamento Florístico e Fitossociológico	25
4.2	Estimativa da fitomassa total e estoque de carbono nas áreas de FSEM e FSEA	31
4.3	Quantificação do estoque de nutrientes e de carbono na fitomassa do lenho das espécies mais representativas dos estádios médios e avançado de sucessão	32
4.4	Biomassa e estoque de nutrientes de raízes finas	33
4.5	Quantificação da evolução de CO <sub>2</sub> do solo nas áreas avaliadas	37
4.6	Avaliação da hidrologia florestal	38
4.7	Análise dos nutrientes adicionados via precipitação interna	45

4.8	Análise dos nutrientes adicionados via escoamento de tronco.....	46
4.9	Análise Isotópica do Carbono do Solo ( <sup>13</sup> C).....	48
4.10	Dinâmica de expansão do fragmento ao longo do tempo.....	49
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo as florestas vêm sendo submetidas à um intenso processo de degradação devido ao aumento populacional e a crescente demanda por recursos naturais. Além do impacto ambiental, a destruição deste importante ambiente que proporciona uma vasta gama de recursos naturais tem efeito acentuado na qualidade de vida e nas atividades socioeconômicas, trazendo prejuízos à ecologia das regiões sob forte interferência do desmatamento e representando séria ameaça ao futuro da humanidade.

A Mata Atlântica é considerada um dos biomas mais ricos em diversidade de espécies, entretanto devido ao histórico de ocupação de nosso país, a sucessão dos ciclos econômicos acelerou o seu desmatamento tornando-o frágil e, por consequência disso, hoje a Mata é considerada um dos cinco mais importantes e ameaçados “*hot spots*” de biodiversidade do planeta.

No estado do Rio de Janeiro estima-se que a Mata Atlântica originalmente cobria em torno de 98% de seu território, considerando-se suas diferentes formações florestais, principalmente a Ombrófila Densa, a Estacional Semidecidual e a Estacional Decidual, e ecossistemas associados, como manguezais, restingas e campos de altitudes. Atualmente a cobertura original restringe-se a menos de 20%, encontrando-se bastante fragmentada e desconectada, representada em sua quase totalidade por pequenas manchas florestais dispersas, em áreas de difícil acesso, isoladas e impactadas, circundadas por extensas matrizes formadas de pastos, capoeiras, monoculturas e áreas urbanas.

Os efeitos da fragmentação florestal decorrentes das diferentes atividades antrópicas sobre a biodiversidade e a funcionalidade do ecossistema na Amazônia foi alvo de pesquisa em um projeto com mais de vinte anos de duração, com relevantes informações científicas. No bioma Mata Atlântica, apesar de apresentar um maior grau de fragmentação e estar mais ameaçado quando comparado a floresta amazônica, poucos estudos sobre os efeitos da fragmentação e regeneração florestal tem sido conduzidos. Em geral, as pesquisas sobre fragmentação florestal em Mata Atlântica têm contemplado os efeitos sobre vertebrados.

A fragmentação florestal também afeta a produção e decomposição da serapilheira. A redução no tamanho dos fragmentos e o maior efeito de borda levam a alterações de colonização vegetal e de condições microclimáticas que tem como consequência, mudanças no aporte, decomposição da matéria orgânica e extinção de espécies.

A fragmentação tem um efeito negativo sobre a Mata Atlântica e a distância entre os fragmentos impede que haja um fluxo gênico entre os maiores fragmentos e os que possuem menor área. Os maiores são submetidos a menores danos causados pelo efeito de borda e por isto ocorre uma maior diversidade de espécies no seu interior, passando a funcionar como matrizes de biodiversidade.

A redução das áreas dos fragmentos implica na perda de espécies, sendo que o menor grau de riqueza de biodiversidade destas nestes fragmentos é um indício de sua baixa qualidade. Em função destas características os fragmentos não apresentarão capacidade de manter a biodiversidade ao longo do tempo e estarão sujeitos a retração e posterior desaparecimento.

Adicionalmente, a retirada da cobertura florestal em regiões onde ocorre predomínio de relevo com declividades acentuadas aumenta o escoamento superficial, favorecendo o arraste das partículas do solo e dando origem aos processos erosivos que irão culminar na degradação da paisagem, causando o assoreamento e poluição dos mananciais, e diminuindo a qualidade de vida da sociedade.

Desta forma o presente estudo teve como objetivo geral entender a dinâmica das interações entre vegetação, ciclagem de nutrientes e solo, assim como o potencial de expansão de um fragmento de Mata Atlântica com diferentes estádios sucessionais.

Os objetivos específicos foram: a) realizar o levantamento florístico e fitossociológico; b) avaliar os estoques de C e nutrientes na fitomassa arbórea; c) quantificar a biomassa e o teor de nutrientes nas raízes finas; d) avaliar a adição de nutrientes via precipitação; e) quantificar as emissões de CO<sub>2</sub> do solo; f) realizar a análise isotópica do carbono do solo (<sup>13</sup>C) e g) determinar a expansão ou retração do fragmento ao longo do tempo com auxílio de imagens aéreas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Levantamento florístico e fitossociológico

Os estudos em florestas tropicais vêm crescendo nas últimas décadas tanto na descrição da composição florística, como na estrutura fitossociológica, buscando-se entender a dinâmica destes ecossistemas (GANDOLFI, 1991). Os estudos fitossociológicos são de máxima importância para a caracterização do papel exercido por cada espécie dentro do ecossistema e também contribuem de forma decisiva na indicação dos estádios sucessionais e para melhor avaliação da influência de fatores tais como: o clima, solo e ação antrópica nas comunidades vegetais (GROMBONE et al., 1990).

Os levantamentos florísticos em remanescentes situados em diferentes formações florestais na Floresta Atlântica vêm auxiliando as pesquisas na compilação de dados e permitindo elucidar várias questões referentes à composição florística, diversidade de espécies e delimitação das diferentes formações vegetais nela ocorrentes (SCUDELLER et al. 2001).

A localização geográfica e o histórico de perturbação de uma área é um dado extremamente importante quando se caracteriza vegetação de um remanescente, pois dependendo de sua localização, serão encontrados diferentes fatores climáticos, edáficos e geológicos interferindo diretamente na composição florística da vegetação (OLIVEIRA-FILHO & FONTES, 2000; SCUDELLER et al. 2001).

As florestas estacionais semidecíduais apresentam um tipo fisionômico constituído por espécies comuns às mais variadas fisionomias florestais brasileiras (CASTRO, 2004).

As florestas secundárias representam a maior parte da vegetação das zonas tropicais no mundo (SANTANA et al. 2004). Por isso, é necessária e urgente a realização de estudos que tenham como o principal objetivo a avaliação da diversidade biológica contida nestes fragmentos para que se possa compreender a organização espacial das comunidades vegetais (BOTREL et al. 2002).

O conhecimento da comunidade arbórea dentro de um fragmento é de suma importância para a identificação das espécies afetadas pelo processo de fragmentação. Para isto, estudos florísticos são considerados primordiais para embasar quaisquer atividades de uso, manejo, recuperação e conservação das destas florestas (RIBAS et al. 2003).

SANTOS & KINOSHITA (2003) afirmaram que florestas semidecíduais em regeneração são um importante laboratório natural, capaz de gerar informações indispensáveis ao entendimento da dinâmica sucessional destas comunidades florestais e que iniciativas em direção à preservação, recomposição, uso e manejo desses fragmentos requerem conhecimentos de florística, fitossociologia e também da ecologia de suas espécies componentes.

A heterogeneidade ambiental é um dos principais fatores que vem causando alterações na composição florística e na estrutura das florestas, cujos efeitos podem ser observados no interior de pequenos fragmentos (OLIVEIRA FILHO et al. 1998). Esta heterogeneidade é resultado da diversidade de fatores que interagem nas comunidades e a resposta das espécies a estes fatores faz com que cada local apresente algumas características próprias e outras que são comuns a outros locais (RODRIGUES et al. 2001).

Estes estudos relacionados à composição e estrutura da vegetação arbórea de fragmentos florestais e de sua relação com os fatores abióticos podem subsidiar projetos de conservação de recursos genéticos, conservação de áreas similares e recuperação de áreas ou fragmentos florestais degradados, contribuindo para a formulação de propostas de manejo desses ecossistemas (ARRUDA, 2005).

## 2.2 Medidas da fitomassa arbórea e do teor de carbono relacionado

HIGUCHI & CARVALHO JÚNIOR (1994), relatam que as estimativas da fitomassa são decorrentes de estudos que utilizam métodos diretos e outras, de métodos indiretos. Os métodos indiretos se baseiam normalmente em dados provenientes de inventários florestais executados com a finalidade de planejar a exploração e o manejo florestal, onde a variável de interesse é o volume de madeira. Já nos métodos diretos, são derrubadas e pesadas todas as árvores que ocorrem em uma parcela fixa.

Segundo CAMPOS (1991), os ecossistemas florestais contêm cerca de 90% da biomassa da Terra, cobrindo aproximadamente 40% da sua superfície e torna-se importante e útil realizar avaliações nos diferentes ecossistemas.

O estoque de carbono (C) no sistema solo-planta em fragmentos de florestas naturais também pode indicar o potencial dessas coberturas em captar C da atmosfera, constituindo assim um serviço ambiental contribuinte da mitigação dos efeitos preconizados pela teoria do aquecimento global provocado por gases de efeito estufa (FERNANDES, 2006).

A matéria seca que constitui a biomassa florestal é formada especialmente por C e nutrientes, cujas concentrações variam com a espécie, fase de seu desenvolvimento, estado nutricional, condições edafoclimáticas e com a parte do vegetal considerada (LARCHER, 1986).

Em função da diversidade das florestas o armazenamento de C na biomassa pode ocorrer de maneira diferenciada, sendo que locais diferentes dentro de um mesmo tipo florestal também podem apresentar variações em relação à quantidade de biomassa. Essa afirmação se baseia no fato de que a maioria das estimativas de biomassa é feita apenas na parte aérea das plantas (WATZLAWICK et al. 2005).

As florestas desempenham papel primordial no ciclo do C, elas armazenam grandes quantidades deste elemento na vegetação e no solo, trocando-o com a atmosfera por meio da fotossíntese e da respiração. Essas áreas são fontes de C para a atmosfera quando perturbadas e se convertem em sumidouros durante a restauração (BROWN, 1997).

HAVEN et al. (1996), relatam que a produção florestal influencia o fluxo de C na atmosfera, na forma de CO<sub>2</sub>, por dois processos: a fixação e a emissão. O processo de fixação representa o incremento de biomassa através da fotossíntese. A emissão representa a decomposição da biomassa decorrente da morte natural dos indivíduos ou pela exploração relacionada aos usos humanos.

Estudando cinco áreas florestais diferentes na Venezuela DELANEY et al. (1997), concluíram que o carbono que estava contido na parte aérea das árvores variava de 70 Mg C ha<sup>-1</sup> nas florestas mais secas e até 179 Mg C ha<sup>-1</sup> nas florestas com maior entrada de umidade. BROWN & LUGO (1982) reportam que o carbono estocado na biomassa da parte aérea das florestas tropicais é em torno de 20 a 269 Mg C ha<sup>-1</sup>.

## 2.3 Biomassa das Raízes Finas

A dinâmica do sistema radicular de um vegetal é de extrema importância para definições de técnicas de manejo nas áreas agrícola e florestal. As raízes, além de terem a função básica de sustentar o vegetal, são o meio que esse possui para absorver água e nutrientes (FREITAS et al. 2008).

A produção de raízes finas é muito importante no processo de renovação das espécies vegetais, interferindo tanto no incremento de biomassa, como na ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais (VOGT et al. 2008).

As raízes representam uma das principais fontes de matéria orgânica para o solo, influenciando a atividade microbiana e os processos de decomposição. A produção de raízes pode representar até 50% da produtividade primária local, o que sugere que essa é a principal

via de entrada de C no solo (VOGT, 1991). Assim, sua produção e substituição impactam diretamente o ciclo biogeoquímico do C em ecossistemas florestais (MATAMALA et al. 2003).

A proliferação de raízes finas nas camadas da superfície dos solos em geral, onde se encontra uma maior quantidade de matéria orgânica no ecossistema florestal é vista como uma estratégia para a aquisição de nutrientes em solos de fertilidade natural baixa, nos quais há limitação destes (FREITAS et al. 2008). Tal fato é muito importante em florestas tropicais, onde a maioria dos solos são altamente intemperizados e a camada de raízes, frequentemente, desenvolve-se dentro da camada de serapilheira aportada para retirada de nutrientes produzidos pela decomposição da serapilheira (LACLAU et al. 2004).

JANSSENS et al. (2002) explicam que apesar de seu papel fundamental no ecossistema, o funcionamento das raízes é pouco compreendido em razão das dificuldades impostas pelas técnicas utilizadas em seu estudo e, conseqüentemente, da insuficiência de dados nos ecossistemas.

As razões pela falta de dados sobre o crescimento e desenvolvimento radicular residem nas dificuldades metodológicas e pelas características inerentes de crescimento e dinâmica das raízes. A maior parte dos estudos em condições de campo é de natureza destrutiva, tanto para as plantas como para o ambiente edáfico, sendo utilizada a relação raiz: parte aérea para o cálculo da quantidade total de raízes, assumindo que a taxa de produção de massa seca é similar para estas duas partes dos vegetais (BRASIL et al. 2007).

As estimativas atuais de biomassa florestal contêm erros não dimensionados, já citados, pela escassez de dados sobre os sistemas radiculares. Esta lacuna se deve às custosas estratégias de amostragem de raízes, que demandam grande quantidade de trabalho manual enquanto a estimativa da biomassa aérea pode ser feita com apenas à medida de diâmetro do tronco (DAP), conforme apontado por HOUGHTON (2005). O mesmo autor recomenda um valor geral de 20% da parte aérea para estimar a biomassa radicular. Esta estimativa é explicável pela relativa inacessibilidade das raízes como objetos de estudo e experimentação, sua complexidade tridimensional e sua marcada variabilidade espacial e temporal (VAN NOORDWIJK, 1993). SILVER (1998) demonstrou que a produção de biomassa de raízes é uma função do clima, do solo e da qualidade da serapilheira e que devem ser considerados quando se quantifica o carbono da biomassa das raízes. LIMA et al. (2007) relatam que dentre os principais determinantes da biomassa radicular destacam-se, no estado do Rio de Janeiro, as contrastantes condições de clima e solo, além da composição e estrutura dos diferentes fragmentos florestais que ocorrem na paisagem.

Os mesmos autores, fazendo comparações na biomassa de raízes finas entre fragmentos da Mata Atlântica, detectaram diferenças significativas entre os fragmentos em relação à quantidade de biomassa das raízes, tanto no período das chuvas como no de estiagem, indicando que neste local as raízes se concentram muito mais na camada superficial do solo, sendo que, no período chuvoso essa concentração aumentou significativamente. A maioria dos fragmentos respondeu às chuvas mantendo ou aumentando as médias de raízes finas em relação ao período de estiagem.

Segundo DALE (1994), a porcentagem de biomassa de raízes finas é maior em florestas tropicais secas, sendo esta de 15 a 25% maior do que em florestas úmidas, onde variam de 5% a 15%.

## **2.4 Emissão de CO<sub>2</sub> do solo**

Os organismos que vivem diretamente no solo são os responsáveis por todo o processo de decomposição e ciclagem de nutrientes por meio de suas funções vitais inerentes a sua sobrevivência como a nutrição e respiração. As bactérias e fungos constituem-se de aparatos

enzimáticos, sendo os responsáveis por diversos mecanismos de síntese e degradação no solo, imobilizando os nutrientes em sua biomassa (SEASTED & CROSSLEY, 1984).

No processo de mineralização ocorre intensa liberação de CO<sub>2</sub> como produto final do metabolismo microbiano, quando estes últimos utilizam resíduos vegetais como fonte energética para manutenção da sua atividade vital (CRUZ et al. 2004).

Segundo (ESWARAN et al. 1993) a matéria orgânica possui o maior compartimento de carbono terrestre, cerca de 1.576 Pg. Este valor é cerca de três vezes superior a quantidade de carbono existente na biomassa dos vegetais e duas vezes superior a quantidade de carbono da atmosfera.

Nas regiões tropicais onde as condições climáticas apresentam altas precipitações somadas a altas temperaturas, há uma maior decomposição da matéria orgânica e por isso os solos destas regiões armazenam uma menor quantidade de carbono (DIXON et al. 1994).

A concentração de CO<sub>2</sub> do solo é superior a da atmosfera devido à presença dos poros onde o CO<sub>2</sub> oriundo da respiração de raízes e de microorganismos fica aprisionado. O fluxo de CO<sub>2</sub> se desloca das camadas mais inferiores do solo e atingem a superfície pelo processo de difusão (BALL & SMITH, 1991).

As variáveis climáticas que influenciam uma maior emissão de CO<sub>2</sub> do solo são a temperatura do ar e a umidade do solo, onde aumentos na temperatura podem aumentar exponencialmente as emissões e que até 80% das variações temporais de CO<sub>2</sub> do solo foram explicadas por alterações na temperatura em situações em que havia baixo estresse hídrico (JANSSENS et al. 2001).

GARDENAS (2000) realizou um trabalho de quantificação da emissão de CO<sub>2</sub> em uma floresta de clima temperado e encontrou relação evidente entre a emissão de CO<sub>2</sub> e a temperatura e umidade do solo. O autor constatou que a maior respiração do solo foi explicada pelo teor de água da camada de serapilheira ( $R^2 = 0,70$ ,  $P < 0,01$ ). O melhor ajuste da regressão ocorreu quando foi inserido o teor de matéria orgânica da camada de serapilheira ( $R^2 = 0,85$ ,  $P < 0,03$ ).

O conhecimento de como ocorrem às emissões de CO<sub>2</sub> do solo ainda é obscuro e precisa ser elucidado. Faz se necessário um maior número de pesquisas em regiões com diferentes tipos de climas e solos e que apresentem estratégias distintas de manejo de solos.

## **2.5 Precipitação no interior de florestas**

O ciclo da água possui vários processos, dentre eles estão à precipitação atmosférica e sua distribuição no tempo e no espaço (MOLCHANOV, 1963). Além destes processos, a movimentação horizontal e vertical da água no solo, a absorção pela planta através das raízes, liberação de água para a atmosfera através da transpiração ou evapotranspiração também são considerados processos do ciclo da água (BLUM, 1978).

Além do solo, a atmosfera também é uma fonte de nutrientes para as plantas. As chuvas contêm substâncias dissolvidas e particuladas, incluindo importantes quantidades de nitrogênio e outros nutrientes para o crescimento dos vegetais. A maior parte de nitrogênio, enxofre e cloro presente em ecossistemas florestais são provenientes da atmosfera (HAAG, 1985).

A cobertura florestal apresenta uma relação muito estreita com o ciclo hidrológico. Ela é responsável pela interferência no movimento da água em vários compartimentos do sistema (atmosfera-floresta-solo). Quando a chuva alcança o dossel da floresta ocorre à divisão da água, onde uma parte é temporariamente retida pela vegetação, principalmente nas copas e, em seguida, evaporada para a atmosfera (ARCOVA, 2003). O dossel florestal possui um papel muito importante no ciclo hidrológico, uma vez que ele é responsável pelo retardamento da movimentação da água em direção aos cursos d'água por meio do processo de

interceptação da água de chuva, que termina retornando à atmosfera. (LIMA 1998). A presença de uma cobertura florestal pode, significativamente, alterar o modelo de entrada e saída de água para a superfície do solo (KELLMAN e ROULET, 1990 *apud* LIMA, 1998).

Alguns fatores poderão influenciar os valores de interceptação, com destaque para: as espécies florestais que ocorrem na área, à estrutura da floresta, a frequência, duração, tipo e intensidade das chuvas, estações do ano, presença de espécies caducifólias e condições meteorológicas (MOLCHANOV, 1963).

Em trabalho conduzido em floresta secundária localizadas nas encostas da serra do mar, NALON & VELLARDI (1992), em dois anos de estudo, observaram que a interceptação nos períodos considerados chuvosos foi de 6,20 e 3,91%, para o primeiro e segundo ano respectivamente, 20,15 e 10,52% para os períodos pouco chuvosos e 1,70 e 10,95% para períodos considerados muito chuvosos.

Trabalhando em uma bacia experimental com precipitação e interceptação por Floresta Atlântica, em Cunha, SP, ARCOVA (2003), concluiu que a cobertura florestal interceptou 18,6% da precipitação.

Em estudos em área de floresta de terra firme na Amazônia Central, submetida à extração seletiva de madeira, FERREIRA et al. (2005), observaram que a interceptação foi reduzida de 25,8% (áreas controle) para 7,1% (parcelas que sofreram extração seletiva).

## **2.6 O Sistema de Informações Geográficas no monitoramento da qualidade ambiental**

O monitoramento da qualidade ambiental vem se tornando cada vez mais frequente, sendo esta uma ferramenta para a análise da degradação do ambiente, com vistas ao estabelecimento de medidas mitigatórias. O sensoriamento remoto é um exemplo de ferramenta utilizada para o monitoramento das modificações da paisagem e, com o seu avanço, essa ciência teve um incremento significativo nos últimos anos. Técnicas modernas de aquisição de imagens associadas aos sistemas de informações geográficas (SIG), facilitam a obtenção de uma grande quantidade de dados e utilização das mesmas (FLORENZANO, 2002).

Estes sistemas possuem o princípio básico de armazenamento, tratamento, análise de dados, aplicação de modelos e processamento de imagens de satélite, onde é possível obter tanto cenários passados como atuais e, por meio dessas ferramentas, fazer perspectivas e simulações futuras (CALDAS, 2006).

O sensoriamento remoto associado aos SIG's permite identificar as características dos agentes modificadores do espaço, fazer o reconhecimento e mapeamento da extensão e a intensidade das alterações provocadas pelo homem ao longo do tempo, contribuindo para o monitoramento da dinâmica dos fenômenos analisados (GOMES, 1997).

Para uma análise mais detalhada destes fenômenos causados pela ação antrópica pode ser utilizado para a obtenção de resultados e respostas rápidas que sejam efetivas no monitoramento da fragmentação florestal (NASSER, 2008).

Com informações de classes de solos e fisionomia da vegetação associadas ao SIG'S e sensoriamento remoto é possível efetuar uma série de levantamentos de uma determinada área e assim monitorar a sua qualidade ambiental com informações de solos e vegetação de uma determinada área (GIÁCOMO, 2009).

A análise da cobertura e uso do solo, mediante informações de sensoriamento remoto, constitui uma técnica de grande utilidade no planejamento e administração da ocupação ordenada e racional do meio físico, além de possibilitar avaliar e monitorar a preservação de extensas áreas de vegetação natural (RODRÍGUEZ, 2000).

Por meio do sensoriamento remoto orbital podem-se avaliar as condições da vegetação de modo mais eficaz, com maior agilidade, menor custo operacional, além de boa margem de

exatidão na estimativa de áreas e diminuição da necessidade de deslocamentos aos locais de estudo (MANTOVANI & PEREIRA, 1998).

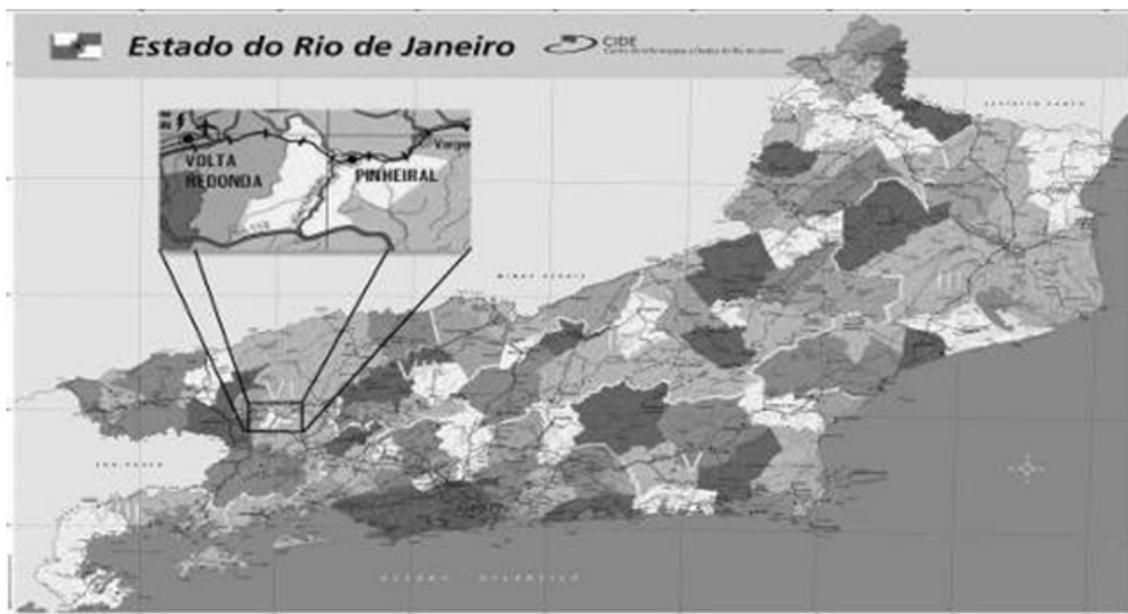
Imagens de satélites (LANDSAT-5, e CIBERS) vêm sendo usadas como meio de detecção e de marcação de mudanças nas condições de cobertura e uso das terras e de Mata Atlântica ao longo do tempo (RIBEIRO et al. 2009).

Os mesmos autores *op. cit.*, em um estudo recente sobre a situação dos fragmentos florestais da Mata Atlântica, constataram que mais de 80% dos fragmentos possuem menos de 50 hectares e a distância média entre esses é de 1.440 metros. Adicionalmente informam que as estimativas da cobertura de Mata Atlântica estão variando de 11,4% para 16% em todo o território brasileiro.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, situada à margem direita do rio Paraíba do Sul, na região do Médio Paraíba Fluminense. A área está localizada entre as latitudes 22°33'S e 22°38'S e entre as longitudes 43°57'W e 44°05'W, conforme ilustrado na Figura 1.



**Figura 1.** Localização da área de estudo no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: FUNDAÇÃO CIDE (Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro). Disponível em: [www.cide.rj.gov.br](http://www.cide.rj.gov.br) (acessado em 28/06/2009).

Geopoliticamente a sub-bacia compreende os municípios de Pinheiral, Piraí e Volta Redonda – RJ, sendo cortada transversalmente, pela BR 116 (Rodovia Presidente Dutra), principal eixo econômico do País. O clima da região, de acordo com KÖPPEN (1938) foi identificado como Am – clima tropical chuvoso, de monção, com inverno seco. A área está inserida no domínio ecológico da Mata Atlântica, cuja vegetação original é identificada como de Floresta Pluvial Baixo Montana, característica de zonas de altitudes entre 300 e 800 metros.

A região apresenta formas de relevo de “mar de morros” com distintos graus de degradação. A altitude varia desde 360 metros na grande várzea do Paraíba do Sul, foz do Ribeirão Cachimbal, até 720 metros na serra do Arrozal, no interflúvio ao sul da bacia do Ribeirão Cachimbal (OLIVEIRA, 1998). Na área de abrangência do ribeirão Cachimbal, predominam encostas com declividades variadas (72,0 %), poucas áreas de topos de morros aplainados (5,7 %) e várzeas estreitas (22,3 %) nos vales estruturais da bacia e às margens de seu canal principal (OLIVEIRA, 1998).

A cobertura de solo atual da região é constituída por pastagens, tanto as implantadas (principalmente *Brachiaria* sp.) como as não manejadas (capim-gordura – *Melinis minutiflora*, – sapê *Hyparrhenia rufa*, –capim rabo-de-burro *Imperata brasiliensis*, – grama batatais – *Paspalum notatum*, outras gramíneas e leguminosas nativas), que se apresentam em diferentes estádios de degradação, nível de uso e/ou abandono, dando origem às demais formas de vegetação da área, como os pastos sujos e as capoeiras.

A distribuição das terras da sub-bacia é distinta em suas diferentes porções das encostas, com predomínio de grandes (acima de 150 ha) e médias propriedades nos terços superior e médio, onde as principais atividades são a pecuária leiteira e de corte. O terço inferior apresenta-se com marcada influência urbana do município de Pinheiral e tem parte de sua área rural ocupada por 176 famílias de posseiros, com módulos agrícolas de área média de 5 ha por propriedade (MENEZES, 2008).

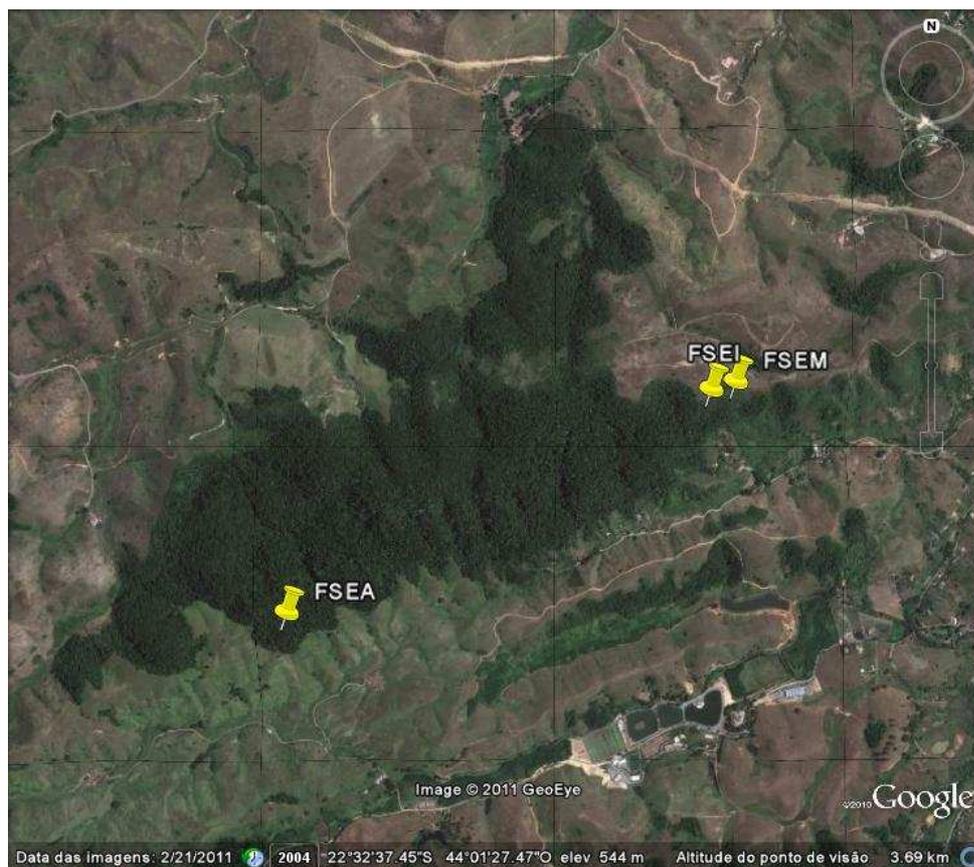
Assim como toda região do Médio Vale do Paraíba do Sul, a primeira forma de uso da área foi o extrativismo, sendo posteriormente substituída, no período colonial, pela cultura do café. Progressivamente as lavouras cafeeiras foram substituídas pela pecuária extensiva, cujo manejo inadequado contribuiu para a formação da paisagem que hoje domina a região. Os fragmentos florestais remanescentes são pequenos e localizam-se nos interflúvios das principais bacias hidrográficas e em áreas de difícil acesso, cujo relevo não permitiu a utilização agrícola. O município de Pinheiral possui, em termos percentuais, apenas 10,2% de território ocupado por vegetação florestal secundária, inexistindo remanescentes primários, e 83,4% de pastagens (CIDE, 2002).

## **3.2 Métodos**

### **3.2.1 Caracterização das parcelas de estudo**

As áreas de estudo da sub-bacia do Rio Cachimbal e feições associadas foram selecionadas a partir de informações obtidas em entrevistas com pessoas consideradas líderes tradicionais (pessoas com idade entre 60 e 90 anos e com longo tempo de vivência na sub-bacia), mapas e produtos de sensoriamento remoto como fotografias aéreas e imagens de satélites em diferentes épocas. A partir dessas informações foi possível estabelecer um padrão temporal de degradação da paisagem, tendo como foco a perda da vegetação original (Floresta Atlântica) e seu efeito negativo na qualidade do solo (MENEZES, 2008).

Foram selecionadas três áreas de floresta com diferentes estádios de regeneração, em um fragmento da Mata Atlântica, definidos como: Floresta Secundária em Estádio Inicial (FSEI), Floresta Secundária em Estádio Médio (FSEM) e Floresta Secundária em Estádio Avançado (FSEA), conforme ilustra a Figura 2.



**Figura 2.** 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).

A FSEI (Figura 3) está localizada a uma latitude de  $22^{\circ} 32' 31''$ S, longitude de  $44^{\circ} 00' 48''$ W a uma altitude de 466,7 m, encontra-se em encosta com comprimento em torno de 150 metros e declividade média de 68% no seu terço superior, apresentando cobertura florestal pouco densa e característica de estágio inicial de sucessão (CONAMA 06/1994). A área foi utilizada até o ano de 1985 foi como pastagem formada por vegetação espontânea, com queimadas eventuais. A partir deste período a área foi ocupada por pequenos agricultores, que devido à dificuldade de acesso à mesma, apenas a cercaram, proporcionando o início da regeneração natural da capoeira. Esta formação apresenta atualmente como principais características uma fisionomia herbáceo/arbustiva com cobertura parcialmente fechada, predomínio de espécies heliófilas, pequeno número de espécies lenhosas (menos que 20 espécies por ha), com reduzidos diâmetros a altura do peito – DAP (média menor que 5 cm) e altura (média menor que 5 m) (CONAMA, 1994). A serapilheira forma uma camada pouco espessa e com um baixo grau aparente de decomposição, observando-se alguns pontos onde não ocorre deposição (MENEZES, 2008).



**Figura 3.** Vista interna da área FSEI em Pinheiral – RJ.

A FSEM (Figura 4) está localizada na latitude de  $22^{\circ} 32' 31''$  S, longitude  $44^{\circ} 00' 46''$  W e a uma altitude de 465,6 metros. Encontra-se na mesma elevação, em área contígua a FSEI, com declividade média de 70 % e sob cobertura florestal mais densa do que a primeira. Até o ano de 1985 encontrava-se sob cobertura de pasto sujo com formação inicial de capoeira (informação pessoal de moradores da região há mais de 50 anos). Também tendo sido protegida até os dias atuais, o que permitiu o desenvolvimento sucessional atual. Apresenta fisionomia arbustivo/arbórea com cobertura fechada, com o início da estratificação da vegetação, surgimento de espécies de sombra, com indivíduos de DAPs e alturas superiores aos observados na área anterior e presença de sub-bosque e lianas lenhosas. Apresenta serapilheira contínua sobre a qual se observa o surgimento de banco de plântulas (CONAMA, 1994). Algumas espécies encontradas na floresta anterior (estádio inicial) (*Cecropia adenopus*, *Miconia calvescens* e *Siparuna guianensis*) também são encontradas nesta área, porém apresentando DAPs superiores (MENEZES, 2008).



**Figura 4.** Vista interna da área FSEM em Pinheiral – RJ.

A FSEA (Figura 5) localiza-se na latitude de  $22^{\circ} 32' 59''$ S, longitude de  $44^{\circ} 01' 57''$ W e a uma altitude de 521,9 metros. Encontra-se em terço superior da encosta com comprimento em torno de 200 m, declividade média de 40 % e com cobertura florestal densa que, provavelmente, se instalou após a decadência da cafeicultura na região. Pelos relatos obtidos este fragmento é considerado o mais antigo da porção inferior da sub-bacia do Ribeirão

Cachimbal, observando-se na sua composição indivíduos que apresentam valores de DAPs (média de 15 cm) e alturas (maiores que 20 m) muito superiores aos encontrados nas fases sucessionais anteriores. Seu dossel é relativamente uniforme no porte, com árvores emergentes, sub-bosque já diferenciado com grande variedade de espécies lenhosas de DAP e altura mais elevados, presença de lianas e epífitas em abundância e serapilheira contínua, espessa e mostrando intensa decomposição. Tais características que permitem enquadrá-la parcialmente neste estágio sucessional pela Resolução (CONAMA, 1994). Segundo relato dos entrevistados, no ano de 1967, esta área sofreu incêndio de grande intensidade destrutiva, mas o restabelecimento florestal se deu com certa celeridade (MENEZES, 2008).

No interior das parcelas de estudo foi constatada a presença de espécies de gramíneas, sendo que em FSEI e FSEM ocorrem a maior incidência.



**Figura 5.** Vista da área FSEA em Pinheiral – RJ.

A floresta considerada a mais antiga e conservada foi utilizada como área de referência. O gradiente formado permitiu o estabelecimento de hipótese de que o processo mais avançado de regeneração possua melhor qualidade (BALIEIRO et al. 2005).

Em cada uma das áreas de estudo foi delimitada uma parcela de 20 x 20 metros, localizada no terço superior da encosta, onde foram abertas trincheiras para caracterização e classificação do solo, buscando-se a ocorrência de uma mesma classe de solo em todas as feições. A classificação dos solos foi realizada segundo EMBRAPA (2006), sendo que em todas as áreas identificou-se a classe Cambissolo Háptico Distrófico típico.

### **3.2.2 Levantamento florístico e fitossociológico**

Nas áreas de FSEA e FSEM foi utilizado o método do transecto (SYLVESTRE & ROSA, 2002) para a realização do levantamento. Foram marcados três transectos de 2 m x 50 m, nos quais foram amostrados todos os indivíduos lenhosos com diâmetro a altura do peito (DAP) igual e superior a 2,5 cm que foram interceptados. Todos os indivíduos amostrados nestes transectos foram marcados com etiquetas de alumínio, tiveram mensurado o DAP, estimada a sua altura máxima a partir do solo, sendo o material botânico coletado com o auxílio de tesoura de poda alta.

Para o levantamento florístico da FSEI, dado à sua característica fisionômica predominantemente herbácea / arbustiva, foi utilizado o método de interceptação por linha (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974). O critério de inclusão admitiu todos os indivíduos herbáceos e lenhosos interceptados por uma linha de 50 m de comprimento, independente de seu DAP. Todos os indivíduos que foram tocados pelo fitilho foram aferidos o DAP e a altura total com auxílio de uma trena.

Os parâmetros fitossociológicos adotados foram: densidade absoluta (DA), densidade relativa (DR), frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR), dominância (DO) e dominância relativa (DOR) e índice de valor de importância (VI) das espécies.

### **3.2.3 Quantificação da fitomassa do lenho e estoque de carbono**

Nas áreas de FSEM e FSEA foram delimitadas três parcelas de 100 m<sup>2</sup> onde foram mensuradas as circunferências a altura do peito (CAPs) iguais e superiores a 15cm (indivíduos adultos) que posteriormente foram transformadas para Diâmetro a Altura do Peito (DAP). As alturas (H) foram medidas com auxílio de vara graduada. O CAP foi transformado em DAP para que fosse empregado o modelo alométrico ajustado por BROWN et al.(1989) para florestas tropicais, apresentando R<sup>2</sup>= 0,97 e utilizado por COUTINHO, (2009), para determinação de fitomassa seca em Floresta Atlântica na região do médio Paraíba do Sul.

O modelo utilizado é apresentado a seguir:

$$\text{LN(PS)} = -3,3012 + 0,9439 \times \text{LN (DAP}^2\text{H)}$$

Onde:

PS = é o peso seco da fitomassa em kg.

### **3.2.4 Seleção dos indivíduos para quantificação do estoque de nutrientes**

Em cada área foi delimitada uma parcela de 150 m<sup>2</sup> onde foi quantificada a biomassa vegetal em campo onde as árvores foram cubadas sem serem abatidas. Nas parcelas, após ter sido realizado o levantamento fitossociológico, 10 indivíduos das espécies que apresentaram o maior VI de cada área, foram selecionadas para cubagem rigorosa (Figura 6) e amostragem não destrutiva (Figura 7), através do método da tradagem.

### **3.2.5 Processo de cubagem dos indivíduos selecionados**

No processo de cubagem as seções foram classificadas como fuste, galho e ponta. Considerou-se como fuste a primeira seção mensurada (até a primeira bifurcação significativa), sendo as demais consideradas como galhos, até um diâmetro mínimo de 5 cm. A partir deste limite as seções foram consideradas como ponta. As seções correspondentes a fuste e galhos tiveram seus comprimentos e circunferência no meio das mesmas mensuradas, visando utilizar a equação de Huber para o cálculo do volume (MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2006). Desta forma, foram medidos de cada seção o comprimento e a circunferência na metade do comprimento, até o diâmetro máximo de 5 centímetros. A partir desta dimensão,

as seções foram consideradas pontas e mensurou-se somente o comprimento, visto que para o cálculo do volume utilizou-se a equação do volume do cone.

### 3.2.6 Cálculo dos volumes das seções

Os volumes das seções relativas ao fuste e aos galhos foram obtidos pela equação de Huber, apresentada a seguir.

$$V = g_m \times L$$

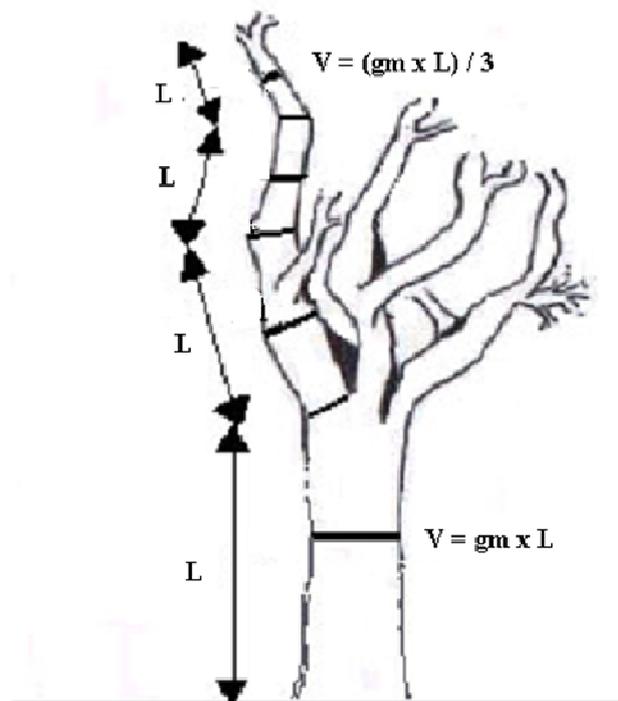
Onde,  $V$  é o volume,  $g_m$  é a área transversal na metade da seção e  $L$  é o comprimento da seção.

Para as seções cujo diâmetro era inferior a 5 cm, classificadas como pontas, o volume foi obtido pela equação do volume do cone.

$$V = (g_b \times L) / 3$$

Onde,  $V$  é o volume do cone,  $g_b$  a área transversal na base da seção e  $L$  o comprimento da seção.

O volume total por indivíduo foi obtido pela soma dos volumes do fuste, galhos e pontas.



**Figura 6.** Representação esquemática da cubagem realizada nas áreas de floresta secundária em estágio médio e avançada. Árvore dividida em seções aproximadamente retas, adaptada de SCOLFORO et al. (2002).

### 3.2.7 Quantificação da biomassa das raízes

Para a quantificação da biomassa das raízes utilizou-se um fator de conversão, onde a biomassa total das raízes representa 30% da biomassa do fuste e galhos, como proposto por Lima et al. (2006). Desta forma estabeleceu-se a expressão matemática abaixo:

$$BR = 0,30 \times BF$$

Onde:

BR = biomassa de raízes , em Mg ha<sup>-1</sup>;

BF = biomassa do fuste, em Mg ha<sup>-1</sup>;

0,30 = fator de conversão de biomassa do fuste para a biomassa de raiz.

### **3.2.8 Determinação do estoque de nutrientes nas parcelas**

Para a obtenção da biomassa vegetal e estoque de carbono pelo método não destrutivo foi delimitada uma parcela de 150 m<sup>2</sup> nas áreas de FSEM e FSEA e foi realizada a cubagem rigorosa por meio de escalada nos dez indivíduos que apresentaram o maior valor de importância (VI) em ambas as áreas. Foram realizadas amostragens no tronco com o auxílio de um trado de incremento, sendo a amostragem realizada a aproximadamente 1,30 m do solo (no diâmetro à altura do peito – DAP), na posição horizontal (Figura 7). A coleta foi feita introduzindo-se o trado a uma profundidade aproximada correspondente a metade do diâmetro (DAP) do tronco. Nas amostras de madeira que foram retiradas com o auxílio do trado de incremento dos indivíduos de maior Valor de Importância (VI) foram determinados os teores de N, P, K, Ca e Mg segundo TEDESCO et al. (1985).



**Figura 7.** Amostragem realizada com trado de incremento para retirada de amostra de madeira.

### 3.2.9 Determinação da Densidade Básica

A densidade básica é a massa específica definida pela razão entre a massa seca e o volume saturado (ABNT, 1997). Em cada espécie foi calculada por meio da média de cinco amostras, utilizando-se a seguinte equação:

$$d_B = m_s / v_s$$

Onde:  $d_B$  = densidade básica da madeira em  $\text{g cm}^{-3}$ ;  $m_s$  = massa seca em gramas e  $V_s$  = volume saturado em  $\text{cm}^3$ .

A massa seca foi obtida secando-se as amostras a uma temperatura de  $65^\circ \text{C}$  durante 24 horas, em estufa de circulação de ar forçada, sendo as amostras posteriormente pesadas em balança analítica com 0,01g de precisão.

Para a determinação do volume das amostras, foi utilizado o método de imersão (VITAL et al. 1984) que se baseia na variação do volume pela submersão da amostra de madeira em água. Esta é uma maneira de se determinar o volume de amostras de formato irregular.

### 3.2.10 Quantificação do estoque de carbono e fitomassa

O estoque de carbono total na fitomassa do tronco, galhos e casca foi estimado convertendo-se a fitomassa seca ( $F_s$ ) por hectare, para as áreas, com base no fator de conversão de 0,47, pela seguinte equação:  $EC = F_s \times 0,47$ , onde: EC- estoque de carbono. Segundo IPCC (2003) 47% da fitomassa seca corresponde ao conteúdo de C total contido na fitomassa.

### 3.2.11 Biomassa de raízes finas e teores de nutrientes

Para avaliação da biomassa de raízes finas ( $\leq 2 \text{ mm}$ ) foram realizadas coletas em dois períodos do ano: seco (junho de 2009) e chuvoso (janeiro de 2010). Para a amostragem foi utilizada uma adaptação do método do monólito (Figura 8) descrito por Brasil (2005). Em cada uma das áreas que constituíram as diferentes unidades de estudo foram abertas manualmente cinco trincheiras com dimensão inicial de 1,0 m de profundidade e 0,80 m de largura. Em duas paredes de cada uma das trincheiras, devidamente aplainadas, foram

coletadas amostras nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, constituindo assim dez amostras por profundidade por área.



**Figura 8.** Monólito sendo retirado para amostragem da biomassa de raízes finas, nos diferentes estádios de sucessão em Pinheiral – RJ.

Após a coleta, o volume do solo do monólito foi submetido a uma lavagem manual para separação das raízes por meio de uma adaptação da técnica de decantação / flotação apresentada por BRASIL (2005). As raízes finas lavadas e recuperadas neste processo foram secas em estufa de circulação de ar a 65 °C até peso constante e, posteriormente, foram pesadas em balança analítica com 0,01 g de precisão. O material pesado foi homogeneizado, triturado e submetido à digestão sulfúrica e no extrato obtido foram quantificados os teores de N, P, K, Ca e Mg (TEDESCO et al. 1985; MALAVOLTA et al. 1997).

Os dados de biomassa radicular, inicialmente obtidos em gramas de raízes contidas em um decímetro cúbico de solo ( $\text{g dm}^{-3}$ ), foram convertidos em  $\text{Mg ha}^{-1}$  por meio das correspondências de massa e volume entre essas unidades.

### 3.2.12 Quantificação da evolução de $\text{CO}_2$ do solo

Para a quantificação da evolução de  $\text{CO}_2$  do solo nos três diferentes estádios sucessionais de floresta (FSEI, FSEM e FSEA) foi utilizado um analisador de gás por absorção na faixa do infravermelho modelo EGM-4, acoplado a uma câmara cilíndrica dinâmica onde foram feitas 20 medidas de evolução de  $\text{CO}_2$  realizadas diretamente no solo durante quatro dias no mês de junho de 2009 e no mês de janeiro de 2010, nos horários compreendidos entre 9 e 10 horas da manhã. As medidas de evolução de  $\text{CO}_2$  foram expressas em ( $\text{g CO}_2 \text{ m}^2 \text{ hora}^{-1}$ ), sendo posteriormente convertidas em ( $\text{Mg ha}^{-1} \text{ CO}_2 \text{ dia}^{-1}$ ).

### 3.2.13 Avaliação da precipitação e análise dos nutrientes adicionados via precipitação.

#### a) Precipitação Total

A precipitação que chega ao topo da floresta (Precipitação Total, PT), foi medida por meio de três pluviômetros distribuídos fora do campo experimental (Figura 9), 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 foi calculada pela relação  $h = (V/S) \times 10$ , sendo  $h$  a altura da lâmina de chuva precipitada expressa em milímetros,  $V$  o volume de água de chuva expresso em centímetro cúbicos ( $\text{cm}^3$ ) e  $S$  a área da abertura do funil em centímetros quadrados ( $\text{cm}^2$ ).



**Figura 9.** Pluviômetro instalado fora das áreas de estudo para a quantificação da precipitação total.

#### **b) Precipitação interna (PI)**

A precipitação que atinge o solo ou precipitação interna (PI) foi medida nas três áreas, cada uma representando um estágio de regeneração da vegetação natural. A precipitação foi medida durante os meses de abril de 2009 a abril de 2010. Em cada área foi implantada uma parcela de 400 m<sup>2</sup>, dentro da qual foram instalados, sob o dossel, 15 pluviômetros (Figura 10), constituídos de um funil captador com 100 mm de diâmetro de abertura e de um reservatório de água de 4 L de capacidade. A quantidade de PI de cada pluviômetro foi calculada pela relação  $h = (V/S) \times 10$ , sendo h a altura da lâmina de chuva precipitada expressa em mm, V o volume de água de chuva expresso em centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>) e S a área da abertura do funil em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>). 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 entre si.



**Figura 10.** Pluviômetro instalado dentro das áreas de estudo para a quantificação da precipitação interna.

### c) Escoamento pelo tronco (ET)

O escoamento pelo tronco das árvores (ET) na área de FSEA foi coletado por intermédio de dispositivos confeccionados com mangueiras plásticas envolvendo o tronco, contendo calhas para a captação do escoamento do tronco (Figura 11). O escoamento da água foi feito com o auxílio de uma mangueira e armazenado em reservatório plástico para coleta da água, onde foram feitas análises químicas para quantificação dos nutrientes presentes no precipitado conforme LACLAU et al. (2003). Foram instalados 10 coletores em 10 árvores das seguintes espécies: *Pseudopiptadenia sp.*, *Matayba sp.*, *Columbrina sp.*, *Machaerium myctitas*, *Tabernaemontana laeta*, *Piptadenia paniculata*, *Dalbergia nigra* e *Cupania sp.* representativas da parcela com DAP igual ou superior a 10 cm.

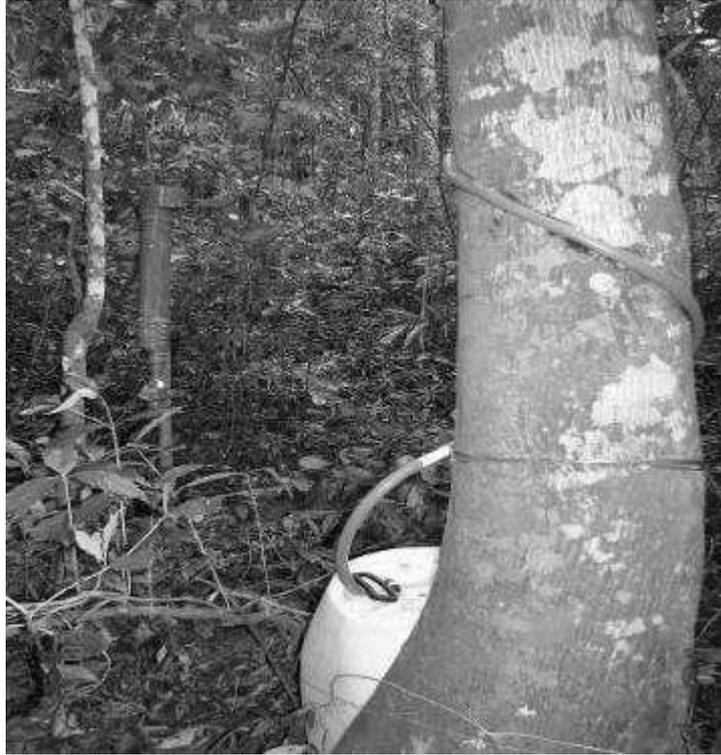
Na FSEM e FSEI de regeneração, o escoamento pelo tronco foi quantificado através de 10 dispositivos coletores em cada área que fora constituídos de um funil acoplado ao redor do tronco das árvores da parcela (Figura 12), tipo colarinho, colado a este por meio de cola de silicone, conforme CASTRO et al. (1983). O funil, por sua vez, estava ligado a um recipiente plástico conectado a uma mangueira plástica, com função básica de desviar o ET para os recipientes fechados. 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<sup>2</sup>) onde foram instalados os coletores, conforme MOURA et al. (2009).

As áreas das copas foram calculadas mensurando-se o maior e o menor diâmetro de cada copa e utilizou-se a seguinte expressão:

$$A = (D_1 \times D_2) / (\pi / 4)$$

Onde:

A é a área da copa, D<sub>1</sub> é o maior diâmetro da copa e D<sub>2</sub> é o menor diâmetro, sendo todas as medidas expressas em metros quadrados (m<sup>2</sup>).



**Figura 11.** Coletor de escoamento de tronco instalado na área FSEA de regeneração.



**Figura 12.** Coletor de escoamento de tronco instalado nas áreas de FSEI e FSEM em Pinheiral – RJ.

#### **d) Precipitação Efetiva (PE)**

A precipitação efetiva (PE) foi calculada pela equação  $PE = PI + ET$ , onde PI é a precipitação incidente e ET é o escoamento pelo tronco.

#### **e) Intercepção (I)**

A intercepção (I) foi calculada pela equação  $I = PT - PE$ , onde PT é a precipitação total e PE a precipitação efetiva.

#### **f) Nutrientes**

No precipitado foram avaliados os teores de Ca, Mg, K, Na, P e C, segundo TEDESCO et al. (1985).

### **3.2.14 Quantificação da luminosidade no interior das áreas de estudo**

A quantificação da taxa de luminosidade foi medida com auxílio de um radiômetro (Field Scout), sendo feitas leituras diretas de luminosidade no interior das florestas. Os resultados foram expressos em micromoles por metro quadrado por segundo ( $\mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Ambas as quantificações foram realizadas em dois períodos do ano, período seco (junho 2009) e período chuvoso (janeiro 2010).

### **3.2.15 Origem do Carbono no solo ( $^{13}\text{C}$ )**

Amostras de solo foram coletadas em parcelas de cada uma das áreas estudadas, em intervalos regulares de 10 cm até 100 cm de profundidade, foram enviadas para o Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), onde a abundância natural de  $^{13}\text{C}$  foi analisada.

Os resultados da média de cinco repetições foram expressos pela unidade relativa “d”, determinada em relação ao padrão internacional PDB (rocha calcária da formação Pee Dee) (Craig, 1957) de acordo com a seguinte equação:

$$d^{13}\text{C}\text{‰} = 10^3 \times (R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}) / R_{\text{padrão}}$$

Onde:

$R_{\text{amostra}}$  é a razão isotópica  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  da amostra e  $R_{\text{padrão}}$  a razão isotópica  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  do padrão.

### **3.2.16 Análise temporal do fragmento e uso da terra em diferentes datas.**

Com a intenção de se verificar o potencial de expansão do fragmento onde estão inseridas as três áreas de estudo (FSEI, FSEM e FSEA) foram utilizados o Sistema de Informação Geográficas e imagens de Satélites.

### **3.2.17 Aquisição das Imagens**

Com o objetivo de verificar a dinâmica da recuperação do fragmento florestal, foram utilizadas imagens LANDSAT – 5 (Sensor TM, órbita 217, ponto 076), com resolução espacial de 30 m e escala de 1: 50.000 que estão disponíveis para esta região. Das imagens foram utilizadas as bandas 3, 4 e 5. As imagens foram obtidas do banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Departamento de Geração de Imagem (INPE-DGI, [www.dgi.inpe.br/CDSR/](http://www.dgi.inpe.br/CDSR/)), nas seguintes datas: 20/05/1986, 24/02/1990, 11/04/1995, 26/05/2000 e 15/06/2007, onde foi possível realizar uma análise temporal de aproximadamente vinte e um anos.

### **3.2.18 Tratamento das imagens**

A correção atmosférica para as imagens em estudo foi realizada utilizando-se do método “6S” (Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum). O modelo “6S” corrige os efeitos atmosféricos de sensores em aeronaves bem como em satélites, levando em consideração a altura do sensor, altitude média do objeto, localização, características da atmosfera e de cada banda da imagem, em relação ao espalhamento do tipo Rayleigh e Mie e a interação entre eles. O modelo “6S” foi desenvolvido por VERMOTE et al. (1997) e adaptado por ANTUNES (2003). Após as correções atmosféricas das imagens pelo método “6S”, as mesmas foram novamente transformadas do sistema de arquivo row para o *Tagged Image File Format* (tiff). Para processamento das imagens foi utilizado o software livre SPRING, versão 5.0.5 (CÂMARA et al. 1996).

Todas as bandas das imagens utilizadas foram tratadas e os parâmetros para a correção das bandas foram: Longitude 44° 00'46''W e latitude 22° 32' 43''S, localização do centro do fragmento de estudo; altitude 484,7 m, que é a altitude média das áreas de estudo; modelo de atmosfera tropical; modelo continental de aerossóis e visibilidade horizontal de 16 km.

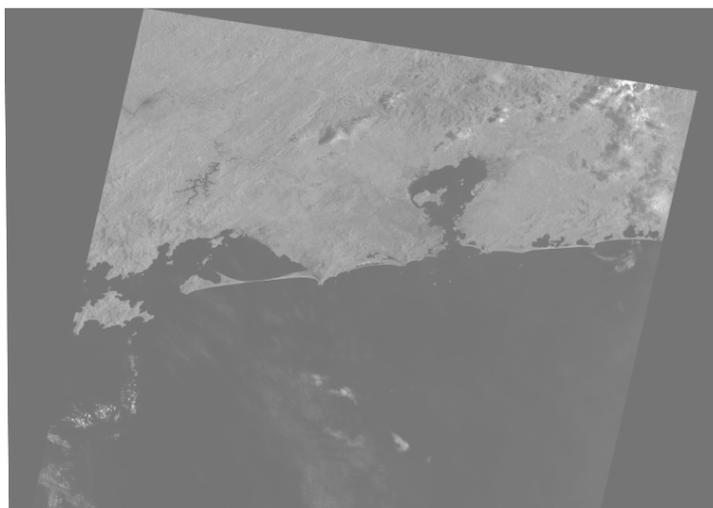
Devido às características do estudo, foi necessário o emprego dos seguintes softwares: ArcView versão 3.2a, ArcMap 9.2, ArcInfo 9.2, para o cálculo das áreas do fragmento.

### **3.2.19 Georreferenciamento das imagens**

Para a execução do georreferenciamento foi realizada uma ida na área de estudo e no seu entorno para a coleta de pontos com coordenadas conhecidas (latitude e longitude) utilizando um GPS de navegação marca Garmim modelo 60 cs. Para todas as imagens o *datum* utilizado foi o Sirgas 2000.

### **3.2.20 Tratamento das imagens**

A Figura 13 refere-se a um exemplo de uma imagem LANDSAT – 5, utilizada no trabalho e submetida ao tratamento “6S” para amenizar os efeitos atmosféricos.



**Figura 13.** Imagem LANDSAT-5 tratada pelo método “6S”.

### **3.2.21 Análises Estatísticas**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de normalidade da distribuição dos erros (teste de Lilliefors / SAEG 5.0) e homogeneidade das variâncias (testes de Cochran e Bartlett / SAEG 5.0). Quando os dados não apresentaram distribuição normal, foi realizada a sua transformação logaritma para posterior comparação dos valores médios por meio do teste T de Bonferroni, utilizando-se o programa estatístico Sisvar 4.6.

Foi realizada Regressão Linear e Teste F com utilização do programa estatístico SAEG 5.0.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Levantamento Florístico e Fitossociológico**

A Tabela 1 apresenta a lista florística com as famílias, espécies, o número de indivíduos amostrados e a classificação por grupo sucessional das espécies em pioneiras (P), secundária inicial (SI), secundária tardia (ST), clímax (C) e não identificada (NI), compondo os diferentes estádios sucessionais das coberturas vegetais das áreas de estudo.

Nas Tabela 2, 3 e 4 são apresentadas as densidades relativas (DR), frequências relativas (FR), dominâncias relativas (DOR) e índices de valor de importância (VI) das espécies que se encontram nos estádios inicial, médio e avançado de sucessão.

**Tabela 1.** Famílias, espécies e classificação por grupos sucessionais amostradas nas diferentes áreas de estudo. P (pioneiras), SI (secundária inicial), ST (secundária tardia), C (clímax), NI (não identificada). (Modificado de MENEZES 2008).

Áreas	Famílias	Espécies	Grupo sucessional	Nº de indivíduos amostrados
FSEI	Annonaceae	<i>Xylopia sericea</i> A. St. Hil.	P	01
		<i>Clidemia ursuolata</i> DC	P	21
	Melastomataceae	<i>Miconia calvescens</i> DC.	SI	03
		<i>Miconia cinnamomifolia</i> DC	SI	04
	Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	SI	01
	Thelypteridaceae	<i>Macrothelypteris torresiana</i> Gaud.	P	01
	Urticaceae	<i>Cecropia adenopus</i> Mart. Mart. ex Miq.	P	09
		Total		40
FSEM	Anacardiaceae	<i>Schinus therebentifolium</i> Raddi.	P	06
	Lecytidaceae	<i>Cariniana legalis</i> Mart.	ST	01
	Melastomataceae	<i>Miconia calvescens</i> DC.	SI	13
	Moraceae	<i>Ficus adhatodifolia</i> Schott	NI	01
	Myrsinaceae	<i>Rapanea ferruginea</i> Mez.	SI	01
	Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	SI	02
	Rubiaceae	<i>Chomelia brasiliana</i> A.Rich.	NI	01
	Sapindaceae	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	SI	07
	Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	SI	09
	Urticaceae	<i>Cecropia adenopus</i> Mart. ex Miq	P	19
		Total		60
FSEA	Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	SI/ST	02
		<i>Spondias macrocarpa</i> Engl.	SI	15
	Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i> sp	NI	01
	Burceraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> March.	SI	02
		<i>Anadenanthera macrocarpa</i> Benth	SI	15
		<i>Andira</i> sp.	ST	01
		<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	NI	02
	Fabaceae	<i>Dalbergia nigra</i> Vell.	ST	01
		<i>Inga edulis</i> Mart.	P	01
		<i>Peltophorum dubium</i> Spreng.	SI	04
		<i>Piptadenia gonoacantha</i> Mart.	SI	03
	Erythroxilaceae	<i>Erythroxylum pulchrum</i> A.St.Hil.	ST	04
	Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp	ST	04
		<i>Nectandra membranacea</i> Spreng.	ST	02
	Lecytidaceae	<i>Cariniana legalis</i> Mart.	ST	01
	Malvaceae	<i>Chorisia speciosa</i> A.St.Hil.	SI	01
	Meliaceae	<i>Trichilia casaretti</i> C.DC.	ST	16
	<i>Trichilia aff lepidota</i> Mart.	ST	01	
Moraceae	<i>Brosimum guianensis</i> (Aubl.) Huber.	C	03	
	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.)			
		ST		01
	<i>Caliptrantes</i> sp	NI		02
Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp	NI		01
	<i>Eugenia schuechiana</i> O. Berg.	NI		01

		<i>Myrceugenia myrcioides</i> O Berg	NI	01
		<i>Eugenia sp</i>	NI	01
<b>Áreas</b>	<b>Famílias</b>	<b>Espécies</b>	<b>Grupo sucessional</b>	<b>Nº de indivíduos amostrados</b>
FSEA	Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	ST	01
	Polygonaceae	<i>Cocoloba confusa</i> How. E.B.	NI	02
	Rubiaceae	<i>Amaioua intermédia</i> Mart.	NI	02
		<i>Psycotria sp</i>	NI	01
	Sapindaceae	<i>Cupania oblongifolia</i> . Mart.	SI	06
		<i>Matayba juglandifolia</i> Radlk.	NI	02
		<i>Talisia intermedia</i> Radlk.	NI	01
	Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	SI	01
	Solanaceae	<i>Solanum sp.</i>	NI	01
	Urticaceae	<i>Cecropia adenopus</i> Mart. ex Miq	P	01
		<i>Amaioua intermedia</i>	NI	02
			Total	106

**Tabela 2.** Espécies, Densidade Relativa (DR), Frequência Relativa (FR), Dominância relativa (DOR) e Valor de Importância (VI) encontradas na floresta secundária em estágio inicial de sucessão (FSEI).

<b>Espécies</b>	<b>DR</b>	<b>FR</b>	<b>DOR</b>	<b>VI</b>
<i>Clidemia ursuolata</i>	44,7	44,7	61,8	151,2
<i>Cecropia adenopus</i>	19,1	19,1	13,1	51,4
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	8,5	8,5	5,6	22,6
<i>Miconia calvescens</i>	6,4	6,4	7,2	20,0
<i>Siparuna guianensis</i>	2,1	2,1	1,5	5,8
<i>Xylopia sericea</i>	2,1	2,1	0,7	5,0
<i>Macrothelypteris torresiana</i>	2,1	2,1	0,7	5,0

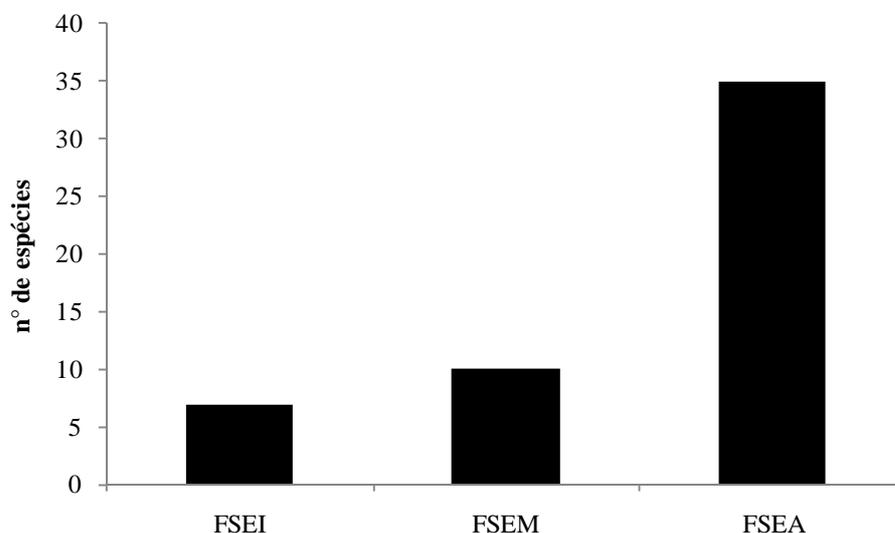
**Tabela 3.** Espécies, Densidade Relativa (DR), Frequência Relativa (FR), Dominância relativa (DOR) e Valor de Importância (VI) encontradas na floresta secundária em estágio médio de sucessão (FSEM).

<b>Espécies</b>	<b>DR</b>	<b>FR</b>	<b>DOR</b>	<b>VI</b>
<i>Cecropia adenopus</i>	28,9	10	14,3	53,3
<i>Miconia calvescens</i>	21,7	10	14,0	45,8
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i>	2,9	10	28,5	41,4
<i>Siparuna guianensis</i>	13,0	10	12,8	35,9
<i>Anacardiaceae</i>	1,4	5	16,9	23,3
<i>Cupanea oblongifolia</i>	10,1	10	2,2	22,3
<i>Schinus terebentifolium</i>	8,7	5	7,0	20,7
<i>Eugenia sp.</i>	2,9	5	1,0	8,9
<i>Ficus adantodifolia</i>	1,4	5	1,7	8,1
<i>Cariniana legalis</i>	1,4	5	0,4	6,8
<i>Lauraceae</i>	1,4	5	0,4	6,8
<i>Leguminosae</i>	1,4	5	0,4	6,8
<i>NI</i>	1,4	5	0,4	6,6
<i>Chomelia brasiliiana</i>	1,4	5	0,2	6,5
<i>Rapanea ferruginea</i>	1,4	5	0,04	6,5

**Tabela 4.** Espécies, Densidade Relativa (DR), Frequência Relativa (FR), Dominância relativa (DOR) e Índice de Valor de Importância (VI) encontradas na floresta secundária em estágio avançado de sucessão (FSEA).

<b>Espécies</b>	<b>DR</b>	<b>FR</b>	<b>DOR</b>	<b>VI</b>
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	12,3	5,6	81,4	99,3
<i>Trichilia casareti</i>	14,0	5,6	3,1	22,8
<i>Spondia macrocarpa</i>	14,0	1,9	1,1	17,0
<i>Columbrina glandulosa</i>	7,0	3,7	2,4	13,2
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	2,6	5,6	1,9	10,2
<i>Erythroxylum pulchrum</i>	3,5	5,6	0,13	9,3
<i>Cupanea oblongifolia</i>	5,2	3,7	0,2	9,2
<i>Cocoloba confusa</i>	1,7	3,7	2,0	7,6
<i>Peltophorum dubium</i>	3,5	3,7	0,3	7,5
<i>Ocotea sp.</i>	2,6	3,7	0,3	6,7
<i>Lauraceae</i>	2,6	3,7	0,1	6,5
<i>Brosimum guianensis</i>	2,6	3,7	0,1	6,5
<i>Astronium graiviolens</i>	1,7	1,9	2,0	5,7
<i>Amaioua intermedia</i>	1,7	3,7	0,08	5,6
<i>Matayba jugendifolia</i>	1,7	1,9	1,3	4,9
<i>Zolernia glabra</i>	1,7	1,9	0,1	3,7
<i>Protium heptaphyllum</i>	1,7	1,9	0,09	3,7
<i>Myrcia sp.</i>	1,7	1,9	0,06	3,7
<i>Clitoria fairchildiana</i>	1,7	1,9	0,05	3,7
<i>Cariniana legalis</i>	0,9	1,9	0,50	3,2
<i>Chorisia speciosa</i>	0,9	1,9	0,40	3,1
<i>Cecropia adenopus</i>	0,9	1,9	0,40	3,1
<i>Inga edulis</i>	0,9	1,9	0,30	3,0
<i>Tabernaemontana laeta</i>	0,9	1,9	0,20	2,9
<i>Talisia intermedia</i>	0,9	1,9	0,20	2,9
<i>Andira</i>	0,9	1,9	0,17	2,9
<i>Sapindacea</i>	0,9	1,9	0,16	2,9
<i>Guapira opposita</i>	0,9	1,9	0,13	2,8
<i>Myrtaceae1</i>	0,9	1,9	0,10	2,8
<i>Myrtaceae2</i>	0,9	1,9	0,09	2,8
<i>Siparuna guianensis</i>	0,9	1,9	0,10	2,8
<i>Tabebuia sp1</i>	0,9	1,9	0,07	2,8
<i>Casearea arbórea</i>	0,9	1,9	0,05	2,8
<i>Pseudoptadenia contorta</i>	0,9	1,9	0,04	2,8
<i>Dalbergia nigra</i>	0,9	1,9	0,03	2,8
<i>Soroceae bonplandii</i>	0,9	1,9	0,03	2,8
<i>Trichillia aff lepidota</i>	0,9	1,9	0,01	2,8

O grau de sucessão apresentado nas áreas de estudo refletiu diretamente na riqueza das espécies vegetais presentes em cada uma. O número de espécies que foi encontrado em cada estágio é apresentado na Figura 14.



**Figura 14.** Número de espécies encontradas nas áreas de diferentes estágios sucessionais deste estudo.

Os resultados encontrados indicam uma composição florística claramente distinta, a FSEI apresentou 7 espécies, a FSEM 10 espécies e a FSEA 34 espécies. Esta diferença na riqueza de espécies reflete no grau de amadurecimento dos estágios de sucessão, onde a maior riqueza está na floresta mais madura (TABARELLI & MANTOVANI, 1999).

A FSEI apresentou identificadas quatro espécies pioneiras (57%), três secundárias iniciais (43%) e nenhum representante dos grupos secundária tardia e clímax. Na FSEM, foram encontradas duas espécies pioneiras (29%), quatro secundárias iniciais (57%) e uma secundária tardia (14%). Já na FSEA, foram encontradas três espécies pioneiras (14%), oito secundárias iniciais (36%), dez secundárias tardias (45%) e uma clímax (5%).

As diferenças nos grupos sucessionais das áreas de estudo revela que há uma redução da porcentagem das espécies que são classificadas como pioneiras e um aumento na porcentagem das espécies classificadas como secundárias tardias e clímax em função do processo de sucessão das áreas.

As reduções de algumas espécies e aumento de outras na medida em que ocorre um amadurecimento da floresta pode ser um indicativo de que estas espécies que foram desaparecendo podem ter tido um papel de facilitadoras da entrada de novas espécies no processo de sucessão e recuperação de áreas.

Na medida em que se conhece o padrão de sucessão ecológica que ocorre em uma determinada região pode-se ser lançar mão de subsídios para a criação de projetos de restauração ecológica no que se refere a escolha e arranjo de espécies. Os maiores números de famílias, gêneros e espécies na área de FSEA são corroborados pelo estudo de SPOLIDORO (2001) em região de Mata Atlântica, também na região do Médio Paraíba do Sul, que avaliou a composição florística e fitossociológica em áreas com diferentes idades de regeneração e encontrou para uma área com 60 anos de regeneração 18 famílias, 26 gêneros e 31 espécies, em outra área com 80 anos foram encontradas 14 famílias, 24 gêneros e 27 espécies e para uma área com 120 anos foram encontradas 31 famílias, 48 gêneros e 56 espécies. Os maiores números encontrados de famílias, gêneros e espécies nas áreas mais maduras é um bom

indicativo de que em função do grau de recuperação das áreas ocorre um aumento na riqueza de espécies.

Em trabalho que visou à caracterização da vegetação e a análise da estrutura da comunidade arbórea de um trecho de Mata Atlântica bastante alterado antropicamente, no município de Silva Jardim – RJ, BORÉM et al. (2002) encontraram 43 famílias, 104 gêneros e 129 espécies. As famílias mais representativas em número de espécies foram Fabaceae, Lauraceae e Rubiaceae. Ainda no mesmo estudo foi verificado que as dez espécies com maior VI contribuíram com 21,85% da frequência relativa (FR), 62,0% da dominância relativa (DOR), 47,43% da densidade relativa (DR) e 43,77% do VI. A contribuição do VI observada naquele estudo é semelhante à observada neste trabalho.

Com o objetivo de verificar variações qualitativas na composição florística em dois trechos de floresta semidecídua com diferentes estádios de sucessão secundária, quais sejam: 15 e 30 anos, no município de Viçosa-MG, RIBAS et al. (2003) amostraram 67 espécies no trecho com 15 anos e 69 no trecho com 30 anos. No trecho de floresta com 15 anos as famílias mais bem representadas foram *Annonaceae*, *Leguminosae* *Caesalpinioideae* e *Sapindaceae*, com cinco, quatro e quatro espécies cada, respectivamente, além do gênero *Nectandra*, com duas espécies. No trecho de floresta com 30 anos as famílias mais bem representadas foram *Flacourtiaceae*, *Meliaceae* e *Myrtaceae*, com quatro, três e quatro espécies, respectivamente, além do gênero *Ocotea*, com três espécies.

Estudando a composição florística de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana em estágio médio de sucessão na Zona da Mata Mineira, SILVA et al. (2003) determinaram 123 espécies, pertencentes a 85 gêneros e 36 famílias, visto que cerca de 63% destas espécies foram classificadas como secundárias iniciais, 27% classificadas como secundárias tardias e 10% como pioneiras.

Em relação ao VI das espécies presentes nas áreas de estudo é possível destacar algumas em relação às demais, em cada estágio de sucessão. No estágio médio as espécies *Cecropia adenopus* e *Miconia calvescens* apresentaram VI's iguais a 53,3 e 45,8 representando 33% do VI de toda a área. Já em FSEA as espécies *Anadenanthera macrocarpa*, *Spondia macrocarpa* e *Trichilia casareti* apresentaram VI's iguais a 99,3; 17,0 e 22,8, o que representa 46,4% do VI da área.

Nas áreas de estudo foi observado um grande número de espécies com baixos valores de VI e um pequeno número de espécies com VI elevado. MARTINS (1979) relata que este padrão é uma característica das florestas tropicais, onde pode ser observada a presença de um grande número de espécies com VI baixo, e que o número e o tamanho dos indivíduos são as características mais importantes.

O número pequeno de espécies de plantas com o VI alto pode ser decorrente da redução da área original de floresta e com isso as espécies vegetais do fragmento passaram a ser submetidas aos efeitos da redução da área e, conseqüentemente, perda de biodiversidade.

#### 4.2 Estimativa da fitomassa total e estoque de carbono nas áreas de FSEM e FSEA

Os resultados da estimativa da fitomassa seca e estoque de carbono da FSEM e FSEA em estudo estão representados na 0.

**Tabela 5.** Fitomassa seca total e estoque de carbono nas áreas de FSEM e FSEA.

Área de Estudo	Parte Aérea	Raízes	Total	Estoque de Carbono
		Mg ha <sup>-1</sup>		
FSEM	44,3	13,3	57,6	27,0
FSEA	131,6	39,5	171,0	80,4

A área de FSEA apresentou maior fitomassa seca em relação à FSEM em função da maior densidade de indivíduos e, por conseguinte, maior área basal, quando comparada à FSEM.

Quantificando os estoques de volume, de biomassa total com casca e de carbono em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em estágio secundário médio (capoeira) na Zona da Mata mineira, RIBEIRO et al. (2010) encontraram um estoque de 38,9 Mg ha<sup>-1</sup> na fitomassa e um estoque de C de 19,5 Mg ha<sup>-1</sup>, valores semelhantes aos verificados na área de FSEM.

Avaliando o estoque de carbono na fitomassa aérea de uma floresta secundária da Mata Atlântica na região do médio Paraíba do Sul com 35 anos de regeneração, no município de Cruzeiro –SP, COUTINHO (2009), encontrou fitomassa seca de 138,9 Mg ha<sup>-1</sup> e estoque de C na parte aérea de 54,3 Mg de C ha<sup>-1</sup>.

Em estudos para estimar a fitomassa na Floresta Atlântica no Sul do Brasil, por meio de levantamentos fitossociológicos, BRITZ (2006) estimou valores de fitomassa da parte aérea de florestas com diferentes estágios de sucessão. Para o estágio inicial de sucessão observou-se uma fitomassa de 52 Mg ha<sup>-1</sup>. No estágio médio os valores de 164 Mg ha<sup>-1</sup> e no avançado 238 Mg ha<sup>-1</sup>.

Quantificando a fitomassa em fragmentos florestais em regeneração na Mata Atlântica no município de Oratórios - MG, sendo um com 34 anos e outro com 80 anos, ambos sem intervenção antrópica, LIMA et al. (2006) encontraram valores de fitomassa da parte aérea de 64,0 e 172,7 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A fitomassa do sistema radicular do fragmento de 34 anos foi de 38 Mg ha<sup>-1</sup>. Somando-se a parte aérea e o sistema radicular do mesmo fragmento, encontrou-se valor de 102,0 Mg ha<sup>-1</sup> de fitomassa.

Os valores de fitomassa e estoque de C estimados para ambos os estágios de sucessão mostram que o melhor uso das áreas de difícil acesso e que possuem áreas de regeneração é a recuperação natural, onde estas áreas podem ser utilizadas em projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo e geração de créditos de carbono.

#### 4.3 Quantificação do estoque de nutrientes e de carbono na fitomassa do lenho das espécies mais representativas dos estágios médios e avançado de sucessão.

A espécie *Miconia calvesneces* apresentou VI igual a 45,8, sendo aquela mais representativa da FSEM, com altura média de 5,1m e DAP médio igual a 10,4 cm. A fitomassa média total no lenho da FSEM foi de 7,46 Mg ha<sup>-1</sup>

A fitomassa estimada das raízes foi de 2,24 Mg ha<sup>-1</sup>. A fitomassa total da espécie foi de 9,70 Mg ha<sup>-1</sup>. Os estoques de nutrientes e de carbono no lenho são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Estoque de nutrientes e carbono contidos no lenho da espécie *Miconia calvesneces* na FSEM.

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	C
<i>Miconia calvesneces</i>	-----kg ha <sup>-1</sup> -----					Mg ha <sup>-1</sup>
	37,3	11,2	74,6	18,7	11,2	4,5

Na área de FSEA as espécies *Trichilia casareti* e *Anadenanthera macrocarpa* apresentaram VI's iguais a 22,8 e 99,3. *Trichilia casareti* apresentou altura média de 4,1 m e DAP médio de 3,9 cm. Já a espécie *Anadenanthera macrocarpa* teve altura média de 18,3 m e DAP de 30,1 centímetros. A fitomassa média encontrada para *Trichilia casareti* foi de 9,87 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo que a fitomassa do lenho foi de 7,6 Mg ha<sup>-1</sup> e a fitomassa estimada das raízes foi de 2,27 Mg ha<sup>-1</sup>. Já para a espécie *Anadenanthera macrocarpa* a fitomassa do lenho foi de

69,0 Mg ha<sup>-1</sup> e a fitomassa estimada das raízes foi de 29,6 Mg ha<sup>-1</sup>. A fitomassa total foi de 98,6 Mg ha<sup>-1</sup>. Os valores dos estoques de nutrientes e de carbono são apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7.** Estoque de nutrientes e carbono contidos no lenho das espécies *Trichilia casareti* e *Anadenanthera macrocarpa* na FSEA.

Espécies	N	P	K	Ca	Mg	C
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----					Mg ha <sup>-1</sup>
<i>Trichilia casareti</i>	36,5	11,5	75,4	18,8	11,3	4,6
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	344,6	103,0	587,3	169,0	102,5	46,4

Entre os nutrientes estocados na parte aérea dos dois estádios de sucessão, K e Ca são os que apresentaram os maiores valores quando comparados aos demais. Os maiores valores de Ca na parte aérea são corroborados por ZAIA & GAMA-RODRIGUES (2004) que encontram maior acúmulo deste elemento (41,3 kg ha<sup>-1</sup>), no lenho de plantios de *Eucalyptus* sp. na região Norte Fluminense. No mesmo estudo os autores verificaram valores de 53,6 kg ha<sup>-1</sup> de N, 4,6 kg ha<sup>-1</sup> de P, 42,4 kg ha<sup>-1</sup> de K e 9,2 Kg ha<sup>-1</sup> de Mg no lenho daqueles plantios.

Em estudo que objetivou quantificar o estoque de biomassa e de nutrientes nos diferentes componentes da parte aérea de áreas com diferentes tipos de uso, na região do Médio Vale do Rio Doce – MG, baseado em um inventário que selecionou as espécies com os 10 maiores VI de cada área, DRUMOND et al. (1997) encontraram, para uma mata natural com 27 anos de regeneração após ter sido queimada, uma fitomassa seca contida nos galhos casca e tronco de 114,1 Mg ha<sup>-1</sup> e um conteúdo de nutrientes em kg ha<sup>-1</sup> de 885 de N, 32,9 de P, 186,1 de K, 500,6 de Ca e 69,9 de Mg. Para uma mata com 25 anos de regeneração após corte raso, os mesmos autores quantificaram uma fitomassa de 56,3 Mg ha<sup>-1</sup> e o conteúdo de nutrientes contidos na fitomassa em kg ha<sup>-1</sup> foi de 317,5 de N, 10,1 de P, 70,7 de K, 106,9 de Ca e 29,1 de Mg.

Com o objetivo de avaliar o teor de nutrientes e quantificar a biomassa e o estoque de C de espécies nativas em dois fragmentos de florestas submontana na Mata Atlântica do município de Santa Maria Madalena, região norte fluminense, CUNHA et al. (2009) encontraram para o fragmento M1 uma matéria seca de 148,41 Mg ha<sup>-1</sup> e para o M2 de 167,86 Mg ha<sup>-1</sup>. Os conteúdos de nutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) presentes no lenho do fragmento M1 foram: 335 de N, 17 de P, 116 de Ca, 57 de Mg e 40,5 de C. No fragmento M2 os conteúdos de nutrientes e carbono (kg ha<sup>-1</sup>) quantificados foram: 368 de N, 9 de P, 83 de K, 125 de Ca, 21 de e 39,6 de C.

Quantificando a fitomassa e o estoque de carbono em duas florestas secundárias no município de Caratinga –MG, uma com 25% em estágio inicial e 75% em estágio médio denominada de Mata 1 e outra em estágio médio de sucessão denominada de Mata 2, BOINA (2008) encontrou, para a Mata 1, um estoque de biomassa igual a 73,39 Mg ha<sup>-1</sup> e de carbono de 36,70 Mg ha<sup>-1</sup>. A espécie que mais contribuiu para este estoque na Mata 1 foi a *Xylopia sericea*. Na Mata 2 o estoque de biomassa foi de 152,35 Mg ha<sup>-1</sup> e o de carbono foi de 76,17 Mg ha<sup>-1</sup>, visto que a espécie que apresentou a maior contribuição foi a *Pseudopiptadenia contorta*.

#### 4.4 Biomassa e estoque de nutrientes de raízes finas

Os dados de biomassa radicular estão apresentados na Tabela 8. Nos dois períodos avaliados (verão e inverno), foram encontrados valores médios de biomassa radicular fina na área de FSEA na camada de 0-10 cm de 2,75 Mg ha<sup>-1</sup>, 1,69 Mg ha<sup>-1</sup> na camada de 10-20 cm e

0,92 Mg ha<sup>-1</sup> na camada de 20-30 cm. Na área FSEM os valores médios para a camada de 0-10 cm foram de 2,29 Mg ha<sup>-1</sup>, 0,99 Mg ha<sup>-1</sup> para a camada de 10-20 cm e 0,69 Mg ha<sup>-1</sup> na camada de 20-30 cm. A área FSEI na camada de 0-10 cm apresentou valores médios de 1,62 Mg ha<sup>-1</sup>, 0,94 Mg ha<sup>-1</sup> na camada de 10-20 cm e 0,32 Mg ha<sup>-1</sup> na camada de 20-30 cm.

Em um estudo na Mata atlântica em floresta estacional decidual no município de Santa Tereza – RS BRUN (2004) quantificou uma densidade de raízes finas para uma área de floresta secundária de 2,84 Mg ha<sup>-1</sup> e a densidade das raízes foi superior nas primeiras camadas do solo com 29% na camada de 0-10 cm e 52,1% na camada de 0-20 cm.

Avaliando a biomassa radicular fina na camada de 0-10 cm em área de floresta tropical úmida na costa do Jalisco – México, CASTELANOS et al. (2001) encontraram valores de produção média anual de biomassa de 1,16 Mg ha<sup>-1</sup>. Em estudo que estimou a biomassa de raízes finas em diferentes profundidades do solo, para *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, com 10 anos de idade, no município de Santa Maria-RS, WITSCHORECK et al. (2003) verificaram valores de 5,67Mg ha<sup>-1</sup> na camada de 0-10 cm, 2,74 Mg ha<sup>-1</sup> em 10-20 cm e 2,21 Mg ha<sup>-1</sup> em 20-30 cm.

**Tabela 8.** Valores de biomassa radicular<sup>(1)</sup> nos diferentes estádios sucessionais<sup>(2)</sup> avaliados em período chuvoso e seco.

Áreas avaliadas	Densidade (Mg ha <sup>-1</sup> ) <sup>(3)</sup>		
	Chuvoso	Seco	Média
	Prof (cm)		
	0-10 cm		
FSEI	1,15 bB	2,10 aA	1,62
FSEM	2,00 aA	2,58 aA	2,30
FSEA	2,51 aA	3,08 aA	2,80
	10-20 cm		
FSEI	0,84 bA	1,04 aA	0,94
FSEM	0,56 bA	1,43 aA	0,99
FSEA	1,99 aA	1,40 aB	1,70
	20-30 cm		
FSEI	0,30 bA	0,35 aA	0,32
FSEM	1,00 aA	0,39 aA	0,70
FSEA	1,18 aA	0,67 aA	0,92
	Total		
FSEI	2,30	3,50	
FSEM	3,56	4,40	
FSEA	5,68	5,15	

<sup>1</sup> Médias de cinco repetições. Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, para cada profundidade, não diferem pelo teste de Bonferroni a 5%. <sup>2</sup> Legenda: FSEI – floresta secundária estágio inicial; FSEM – floresta secundária estágio médio; FSEA – floresta secundária estágio avançado. <sup>3</sup> Unidade resultante da conversão de g dm<sup>-3</sup>.

De maneira geral os valores de biomassa radicular foram maiores na camada de 0-10 cm, para ambas as áreas e épocas avaliadas (Tabela 8). Nas áreas FSEI e FSEM, foi observada presença não tão abundante de gramíneas sob a floresta, o que pode ter contribuído para um incremento na biomassa de raízes finas. Os maiores valores na camada superficial possivelmente são explicados pela maior quantidade de nutrientes liberados em decorrência da decomposição dos resíduos vegetais depositados na superfície bem como da renovação do sistema radicular, favorecendo um melhor ambiente para o desenvolvimento de raízes.

Avaliando o estoque de biomassa de raízes finas em plantios de *Eucalyptus* no Congo, LACLAU et al. (2001) relataram que ocorreu uma elevada heterogeneidade na distribuição espacial das raízes, bem como uma redução de biomassa de raízes com o aumento da profundidade do solo.

Quantificando a biomassa de raízes finas em um povoamento de *Acacia mearnsii* aos oito meses de idade no município de Bagé – RS, VIEIRA et al. (2010), verificaram uma maior biomassa de raízes finas na camada de 5-10cm que correspondeu a aproximadamente 0,17 Mg ha<sup>-1</sup>.

Neste estudo, na época seca, não foi constatada diferença nos valores de biomassa entre as áreas, contudo na área FSEA observou-se uma tendência de maiores valores nas camadas de 0-10 e 20-30 cm.

Já para o período chuvoso foram quantificados maiores valores de biomassa na área FSEA, seguida pelas áreas FSEM e FSEI para as profundidades de 0-10 e 20-30 cm. Entretanto, este padrão não foi observado para a profundidade de 10-20 cm, cujos valores foram maiores na área FSEA e menores na área FSEM.

Com relação aos valores de biomassa radicular, entre os períodos para cada estágio sucessional, observou-se diferença estatística somente para a FSEI na profundidade de 0-10cm no período seco e para a FSEA na profundidade de 10-20 cm no período chuvoso (Tabela 8).

Os maiores valores de biomassa radicular foram encontrados, de modo geral, na área FSEA. Estes resultados são corroborados pelos verificados por MENEZES (2008) que quantificou a biomassa radicular nas mesmas áreas em dois períodos (dezembro de 2006 e junho de 2007) e observou maiores valores na área FSEA. Este padrão confirma a influência do estágio sucessional da floresta na produção de biomassa subterrânea, conforme estabelecido por CAIRNS et al. (1997).

A maior biomassa no período seco pode ser explicada pela menor quantidade de água no solo e por isso uma maior produção de raízes para a absorção de água e nutrientes em maiores profundidades. GONÇALVES e MELLO (2004) relatam que em locais com deficiência de nutrientes e de água no solo, ocorre uma maior densidade de raízes devido à carência de recursos para o desenvolvimento dos vegetais, fazendo com que as estas explorem um maior volume de solo, aumentando a capacidade de absorção de água e nutrientes e com isto uma maior quantidade de biomassa de raízes finas.

As médias do conteúdo de nutrientes da biomassa radicular são apresentadas na Tabela 9. De maneira geral o conteúdo dos nutrientes seguiu a ordem: N > K > Ca > P > Mg, sendo observados valores ligeiramente superiores para FSEA.

**Tabela 9.** Conteúdo de nutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) da biomassa radicular em áreas de floresta secundária em diferentes estádios sucessionais em dois períodos do ano (seco e chuvoso).

	Conteúdo de nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>									
	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio	
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
	<b>0-10 cm</b>									
FESI	20,2cA	20,3cA	2,3cB	2,7bA	13,3bB	72,4aA	3,3bA	2,26cA	0,98bB	3,0bA
FSEM	33,3bA	25,4bB	3,2bA	2,8bB	31,6aB	54,7bA	18,2aA	6,62bA	5,57aA	8,1aA
FSEA	64,0aA	61,2aA	3,6aA	3,5aA	31,9aB	36,5cA	9,4abB	15,1aA	1,41bB	2,0bA
	<b>10-20 cm</b>									
FESI	7,1cA	6,0cA	0,98bA	1,0aA	7,8cA	43,4cA	0,24bA	0,25cA	0,67bA	1,2bA
FSEM	14,0bA	12,0bA	1,4aA	1,0aB	15,0aB	65,2bA	2,6abA	1,99bA	2,13aB	3,2aA
FSEA	23,3aA	24,0aA	1,5aA	1,3aA	12,0bB	85,9aA	3,9aA	3,9aA	0,65bB	1,0bA
	<b>20-30 cm</b>									
FESI	2,4cB	2,8bA	0,35cA	0,35bA	3,5bB	11,8bA	0,35bB	0,85bA	0,25bA	0,20bA
FSEM	3,3bA	2,7bB	0,47bA	0,35bA	4,8aB	15,3bA	0,46bA	0,48cA	0,54aA	0,56aA
FSEA	10,9aA	11,6aA	0,53aA	0,46aA	5,1aB	34,3aA	1,73aB	2,99aA	0,23bB	0,80aA
	<b>TOTAL</b>									
FSEI	29,7	29,1	3,63	4,0	24,6	127,6	3,90	3,40	1,9	4,4
FSEM	50,6	40,0	5,0	4,15	51,4	135,2	21,3	9,0	8,3	11,8
FSEA	98,2	96,8	5,6	5,3	49,0	156,7	15,0	22,0	2,3	3,8

<sup>1</sup> Médias de cinco repetições. Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna (comparação entre os estádios de sucessão) e maiúscula na linha (comparação entre os períodos), não diferem pelo teste de Bonferroni a 5%. <sup>2</sup> Legenda: FSEI – floresta secundária estágio inicial; FSEM – floresta secundária estágio médio; FSEA – floresta secundária estágio avançado.

Somente ocorreu diferença para os conteúdos N nas camadas de 0-10 e 20-30 cm na área de FSEM no período chuvoso e na camada de 20-30 cm da área de FSEI no período seco. Os maiores valores de N foram verificados na área FSEA nas três camadas, sendo valores superiores aos observados nos demais estádios.

O maior conteúdo de N na área de FSEA pode ser explicado pela maior ocorrência de leguminosas de gêneros que comprovadamente manifestam simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, tais como: *Piptadenia* sp., *Dalbergia* sp. e *Inga* sp. (MELO & FARIA, 1998). Outro fator que também estaria contribuindo com o maior conteúdo de N na área de FSEA seria o maior aporte de serapilheira nesta área, o que foi observado por MENEZES (2008), que quantificou o aporte de serapilheira nestas mesmas áreas de estudo no período de maio de 2006 a abril de 2007. O referido autor não observou diferença significativa entre o aporte destas áreas, onde a área de FSEA apresentou valores 40% superiores à área de FSEI e 32% maiores que área de FSEM. Este padrão de maior aporte de serapilheira na área de floresta em estádio mais avançado também foi descrito por WERNECK et al. (2001) em trechos de floresta estacional semidecidual de Ouro Preto-MG, com maior produção anual de serapilheira no trecho mais preservado da floresta ( $6,7 \pm 0,65 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), seguida do trecho com perturbação intermediária ( $6,58 \pm 0,49 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) e, por último, o trecho sucessionalmente mais jovem, com a menor produção ( $5,09 \pm 0,58 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ).

O conteúdo de N da serapilheira na área de FSEA também pode estar contribuindo com os maiores valores deste elemento naquela área. MENEZES (2008) quantificou os estoques totais dos macronutrientes contidos na serapilheira dos três estádios de sucessão e a área de FSEA apresentou um estoque de N de  $193,1 \text{ kg ha}^{-1}$ , enquanto área de FSEM o valor foi de  $86,2 \text{ kg ha}^{-1}$  e área de FSEI de  $59,3 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Os maiores valores de P foram encontrados no período chuvoso nas camadas de 0-10 e 10-20 cm dos três estádios sucessionais avaliados. Na camada de 0-10 cm a área de FSEI se destacou durante o período seco, onde foram verificados maiores valores deste elemento. Verificou-se o mesmo padrão observado para o N, sendo quantificados maiores valores na área de FSEA em comparação aos outros dois estádios sucessionais.

Com relação ao K, no período seco, os valores foram superiores ao período chuvoso em todas as camadas e estádios estudados. No período chuvoso a área de FSEM apresentou maiores valores na camada de 10-20 cm. Já para as áreas de FSEM e FSEA verificaram-se nas camadas de 0-10 e 20-30 cm maiores valores deste elemento, diferindo estas áreas da área FSEI. Os maiores valores de K no período seco podem ser explicados pela baixa precipitação, diminuindo as taxas de lixiviação e com isso maiores valores desse nutriente no solo poderiam estar presentes.

No período seco foram encontrados valores de Ca superiores ao período chuvoso na camada de 20-30 cm, nos estádios de sucessão avaliados. A área de FSEA apresentou maiores valores de Ca nas camadas de 10-20 e 20-30 cm em ambos os períodos de estudo quando comparada aos demais estádios. Na área de FSEM observou-se maior valor de cálcio na camada de 0-10 cm no período chuvoso.

Os valores de Mg no período seco foram superiores ao período chuvoso nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. A área de FSEM apresentou os maiores valores de Mg nas três camadas estudadas diferindo-se dos demais estádios.

MENEZES (2008) quantificando o conteúdo de nutrientes na biomassa radicular nas três áreas nos períodos (dezembro de 2006) e junho de (2007), também encontrou para a FSEA os maiores valores de N, P e K.

#### **4.5 Quantificação da evolução de CO<sub>2</sub> do solo nas áreas avaliadas**

Os dados da evolução de CO<sub>2</sub> do solo estão apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10.** Valores da evolução de CO<sub>2</sub> nos diferentes estádios sucessionais.

	(Mg ha <sup>-1</sup> ) / dia CO <sub>2</sub>	
	Período	
	Chuvoso	Seco
FSEI	0,24 aA	0,07 bB
FSEM	0,23 aA	0,09 aB
FSEA	0,19 aA	0,08 abB

Médias de 20 repetições. Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Bonferroni a 5%. Legenda: FSEI – floresta secundária estágio inicial; FSEM – floresta secundária estágio médio; FSEA – floresta secundária estágio avançado.<sup>3</sup> Unidade resultante da conversão de (g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hora<sup>-1</sup>).

A evolução de CO<sub>2</sub> no período seco (junho) foi maior para a área de FSEM (0,09 Mg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), quando comparada com a área de FSEA (0,08 Mg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e a área de FSEI (0,07 Mg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>). Os valores encontrados são similares aos de ZANCHI (2004), que estudou uma floresta tropical em Ji-Paraná – RO e mostrou que a evolução de CO<sub>2</sub> do solo foi de 0,06 Mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> entre abril de 2003 e janeiro de 2004. Em estudo realizado em área de floresta denominada de transição, em Mato Grosso, VALENTINI et al. (2008) quantificaram a emissão do CO<sub>2</sub> do solo e encontraram valores de 0,298 Mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> ao longo de um período de doze meses. Já PINTO-JÚNIOR et al. (2009), estudando áreas de transição da Floresta Amazônica para Cerrado, quantificaram uma emissão de 0,218 Mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> no solo desta área. Ambos os valores encontrados pelos autores são superiores aos observados neste estudo, o que pode ser explicado pelo fato das áreas estarem localizadas em regiões que apresentam condições climáticas e edáficas totalmente diferentes da região de Mata Atlântica. No período chuvoso (dezembro) não foi observada diferença entre as áreas, mas a maior emissão de CO<sub>2</sub> no período chuvoso pode estar relacionada com as maiores temperaturas e maior umidade do solo. A maior evolução de CO<sub>2</sub> no período seco, na área de FSEM, pode ser explicada pela fisionomia da floresta, a qual apresenta espécies caducifólias contribuindo com maior adição de material vegetal ao solo. Isso propicia uma melhor condição trófica para o desenvolvimento da microbiota do solo e também da densidade de raízes finas do período seco (4,40 Mg ha<sup>-1</sup>). Ocorre, assim, uma maior respiração e, portanto, maiores valores de CO<sub>2</sub> no período seco.

#### 4.6 Avaliação da hidrologia florestal

Os dados da precipitação total, precipitação incidente, precipitação efetiva, escoamento de tronco e interceptação em (mm) e (%) encontram-se na Tabela 11.

**Tabela 11.** Valores em (mm) e (%) da Precipitação Total (PT), Precipitação Incidente (PI), Escoamento de Tronco (ET), Precipitação Efetiva (PE) e Interceptação (I) em três estádios de sucessão da Mata Atlântica no município de Pinheiral - RJ.

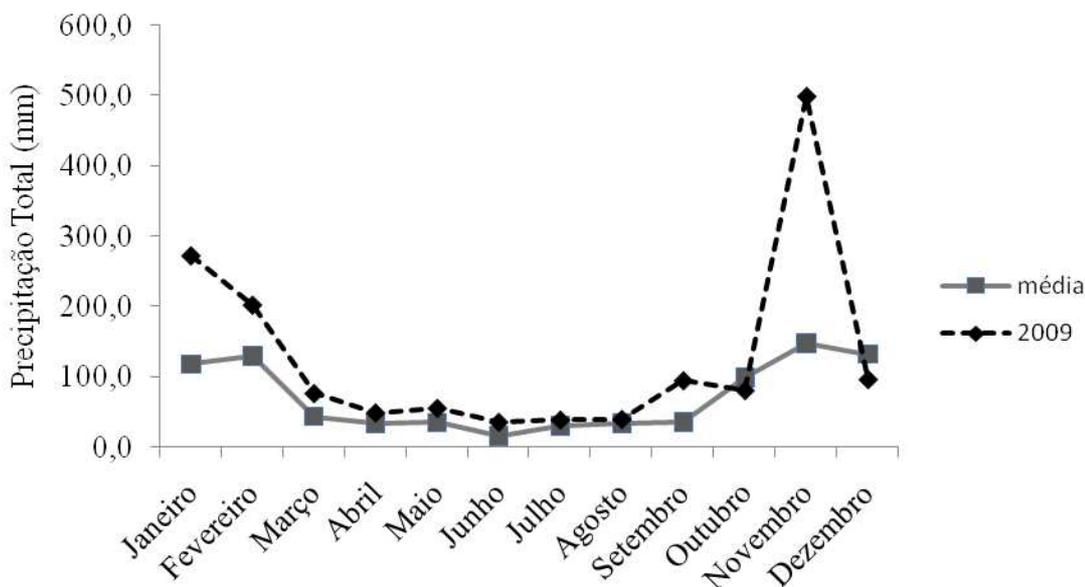
Áreas Estudadas	PT (mm)	%	PI (mm)	%	ET (mm)	%	PE (mm)	%	I (mm)	%
FSEI	1553	100	1205,8	77,52	4,12	0,26	1209,92	77,89	343,38	22,11
FSEM	1553	100	1227,8	78,94	3,47	0,22	1231,27	79,26	322,03	20,74
FSEA	1553	100	1194,1	76,77	1,76	0,11	1195,86	76,98	357,44	23,02

Durante o período de estudo, a precipitação total medida fora do fragmento foi de 1553 mm e a precipitação total para o ano de 2009, medida para o município de Pinheiral foi de 1536 mm. Durante o período de avaliação ocorreu uma precipitação atípica para a região visto que em média a precipitação anual do município fica em torno de 1200 mm (OLIVEIRA 1998). A distribuição da precipitação total para o município de Pinheiral nos anos de 2006, 2007, 2008 e 2009 são apresentadas na tabela (Tabela 12).

**Tabela 12.** Precipitação total (mm) no município de Pinheiral-RJ.

Mês/Ano	2006	2007	2008	2009
Janeiro	156,9	157,5	41,2	272,2
Fevereiro	83,3	104,7	0,30	202,0
Março	68,2	51,0	10,7	76,16
Abril	24,9	55,5	20,8	48,51
Mai	34,1	45,4	25,6	55,0
Junho	6,20	11,1	28,2	35,16
Julho	42,7	31,7	16,0	38,34
Agosto	28,2	2,70	71,2	39,32
Setembro	46,3	11,7	49,7	94,35
Outubro	123,2	70,0	105,0	80,4
Novembro	202,9	96,7	145,8	499,0
Dezembro	162,7	21,2	213,7	96,0
<b>Total</b>	<b>1179,5</b>	<b>659,0</b>	<b>728,1</b>	<b>1536,4</b>

Na Figura 15 é apresentada a precipitação durante o ano de 2009 em comparação a média dos anos anteriores.



**Figura 15.** Médias mensais da precipitação total dos anos de 2006 a 2008 e precipitação total do ano de 2009.

A precipitação interna e a precipitação efetiva foram maiores na área de FSEM, o escoamento de tronco foi maior na área FSEI e a área FSEA apresentou os maiores valores de interceptação.

Os resultados obtidos de cada componente da precipitação nas áreas avaliadas foram muito semelhantes, apesar de cada área possuir estrutura e tamanho diferentes, porém de maneira geral, os maiores valores de precipitação interna e efetiva ocorreram na área de FSEM. A área de FSEA apresentou os maiores valores de interceptação por abrigar indivíduos com copas muito maiores, quando comparadas às outras áreas de estudo, ocasionando uma maior retenção da precipitação em suas copas. A área de FSEI apresentou valores de interceptação superiores a área de FSEM, devido a área de FSEI apresentar um dossel extremamente fechado enquanto na área de FSEM há um maior espaçamento entre os indivíduos além da presença de espécies caducifólias, ocasionando uma menor área de copa e fazendo com que ocorresse uma maior entrada de chuva. Este fenômeno pode ser comprovado pelas medidas de intensidade luminosa realizadas no interior das áreas. Os dados de intensidade luminosa no interior de cada área no período seco e chuvoso estão são apresentados na Tabela 13.

**Tabela 13.** Valores de luminosidade medidos no interior de cada estágio sucessional.

	Luminosidade ( $\mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	
	Período	
	Chuvoso	Seco
FSEI	0,19 bA	0,15 bB
FSEM	0,28 aA	0,18 aA
FSEA	0,08 cA	0,08 cA

Médias de 20 repetições. Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Bonferroni a 5%. Legenda: FSEI – floresta secundária estágio inicial; FSEM – floresta secundária estágio médio; FSEA – floresta secundária estágio avançado

Em estudos de hidrologia florestal nos trópicos, de maneira geral, ocorre um fracionamento da precipitação total, da qual 75 a 96% do que adicionado no sistema (via precipitação) se transforma 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).

Estudando a interceptação das chuvas em um fragmento de Mata Atlântica em Recife – PE, MOURA et al. (2009) encontraram perdas por interceptação de 208,3 mm, precipitação efetiva de 1431,7 mm, precipitação incidente de 1392,4 mm e escoamento de tronco de 6,6 mm, estes valores que foram encontrados corresponderam a 12,7%, 87,3%, 84,9% , 0,4% da precipitação total durante o período de estudo.

Avaliando a precipitação efetiva em dois estágios de sucessão da Mata Atlântica em Viçosa – MG, ALVES et al. (2007) encontraram, para o estágio inicial de sucessão, valores de precipitação efetiva e de interceptação iguais a 792,46 e 79,43 mm, correspondendo a 79,43 e 20,57 %. Já para área em estágio avançado de sucessão os valores de precipitação efetiva e de interceptação foram de 813,90 e 18,37 mm correspondendo a 81,63% e 18,73% da precipitação total.

OLIVEIRA JUNIOR (2005) realizou um estudo da precipitação efetiva em um fragmento secundário de Mata Atlântica em estágio médio a avançado de sucessão em Viçosa - MG e encontrou valores para precipitação efetiva de 1095,5 mm, precipitação incidente de 1057,8 mm, escoamento de tronco 37,9 mm e interceptação 292 mm, estes valores corresponderam a 79,3%, 76,7%, 2,6% e 20,7% do total da precipitação que alcançou o solo.

Em um estudo da repartição da água da chuva em uma floresta secundária da Mata Atlântica no município de Cunha – SP, ARCOVA et al. (2003) concluíram que 18,6% da água da chuva foi interceptada pelo dossel da floresta, 81,2 % alcançou o solo por meio da precipitação interna e 0,2 % chegou até o solo como escoamento de tronco.

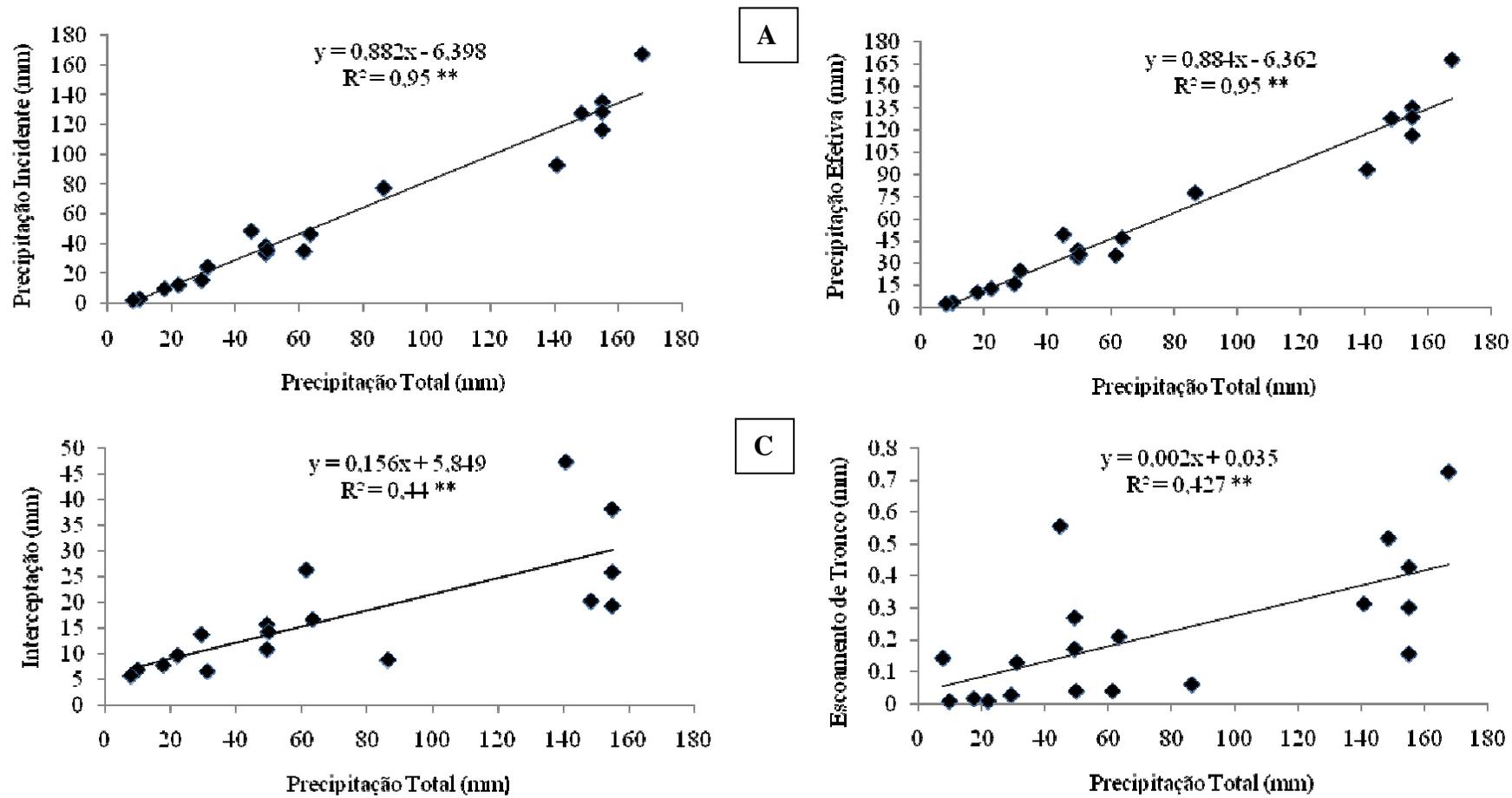
COELHO NETTO et al. (1986) realizaram no Maciço da Tijuca - Rio de Janeiro, em área com reflorestamento com espécies nativas da região, um estudo de precipitação e determinaram que a precipitação interna média equivaleu a 88,6% da precipitação total e a interceptação foi estimada em 11,4%.

Estudando duas formações florestais (floresta seca e floresta paludosa) na Ilha do Mel, no Paraná, BRITZ et al. (1998) quantificaram a precipitação interna que correspondeu a 78% para a floresta seca e 70% para floresta paludosa. As perdas por interceptação foram de 22% e 30% para a floresta seca e para floresta paludosa.

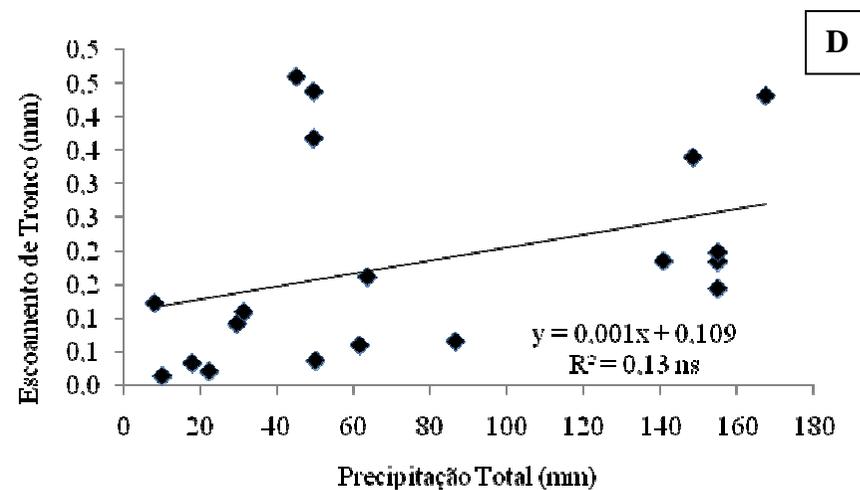
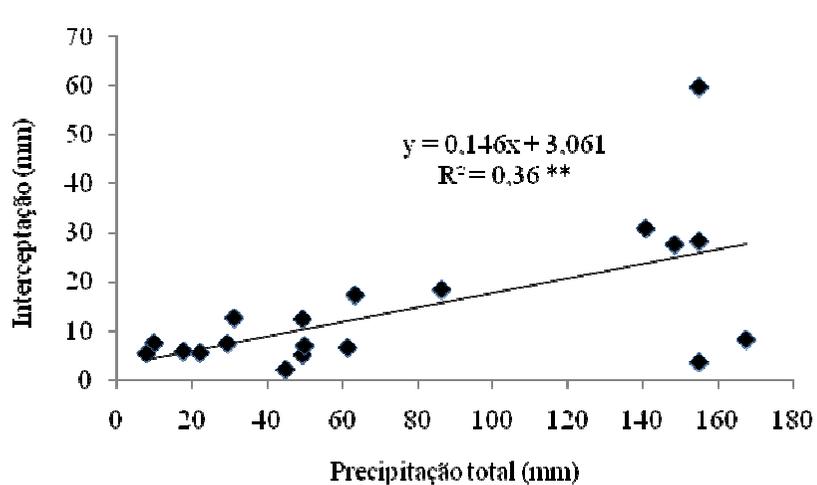
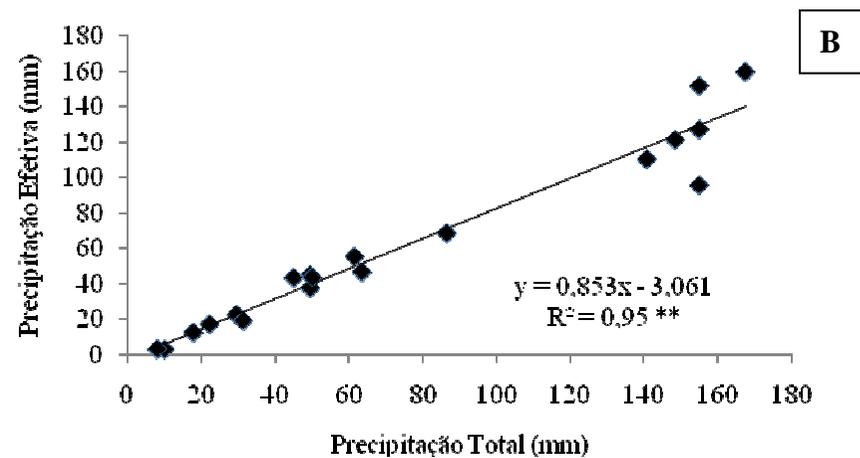
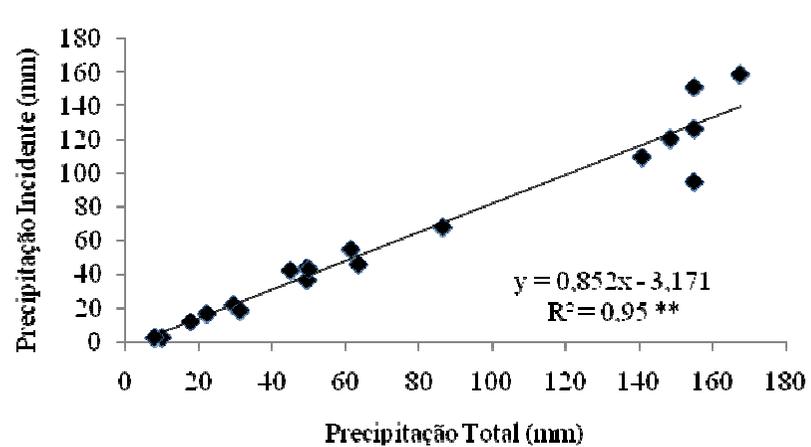
Avaliando a precipitação interna em floresta de terra firme na Amazônia Central, FERREIRA et al. (2005) encontraram valores de precipitação interna em torno de 74,2 a 87,1%.

As precipitações, incidente e efetiva, apresentaram uma elevada relação com a precipitação total nos três estádios de sucessão. Já o escoamento de tronco e a interceptação apresentaram valores mais baixos de relação com a precipitação total nos três estádios de sucessão.

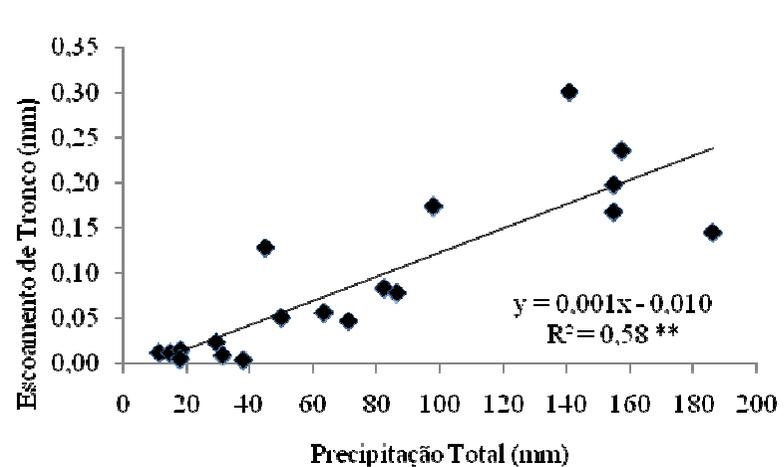
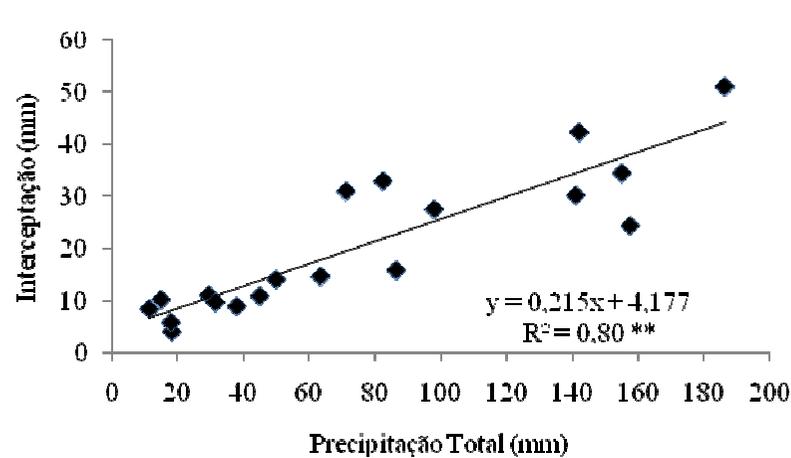
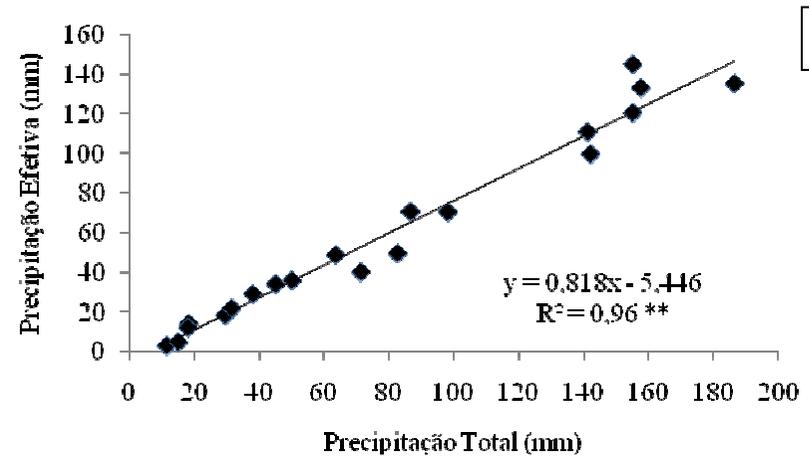
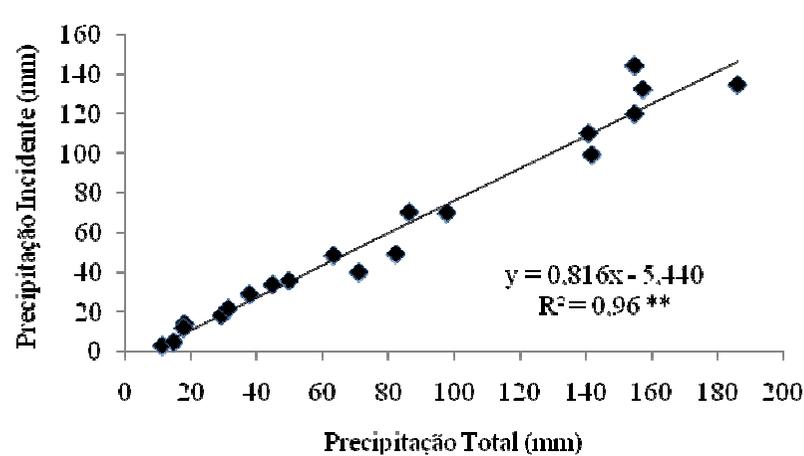
As regressões lineares entre a precipitação total e a precipitação incidente, precipitação efetiva, escoamento de tronco e interceptação dos três estádios de sucessão bem como os seus valores de  $R^2$  (índice da regressão com  $p < 0,01$ ) são apresentados nas Figura 16 a Figura 18.



**Figura 16.** Fluxo de água de precipitação Total vs. Precipitação Incidente (A); Precipitação Efetiva (B); Interceptação (C) e Escoamento de Tronco (D) sob área de floresta secundária em estágio inicial de sucessão. \*\* significância a 1% de probabilidade.



**Figura 17.** Fluxo de água de precipitação Total vs. Precipitação Incidente (A); Precipitação Efetiva (B); Interceptação (C) e Escoamento de Tronco (D) sob área de floresta secundária em estágio médio de sucessão. (\*\*) significância a 1% de probabilidade. (ns) não significativo.



**Figura 18.** Fluxo de água de precipitação Total vs. Precipitação Incidente (A); Precipitação Efetiva (B); Interceptação (C) e Escoamento de Tronco (D) sob área de floresta secundária em estágio avançado de sucessão. **\*\*** significância a 1% de probabilidade.

Estudos desenvolvidos em um sistema agroflorestal no município de Esperança – PB, PEREZ-MARIN & MENEZES (2008) encontraram relações entre a precipitação total e a precipitação incidente com um coeficiente de determinação (r) igual a 0,93 e relação entre a precipitação total e o escoamento de tronco com r igual a 0,72.

OLIVEIRA et al. (2008) avaliando a interceptação e a precipitação efetiva em Caxiuanã – AM relataram que a correlação entre a precipitação total e a precipitação incidente apresentou um valor igual a 0,95. A precipitação efetiva apresentou correlação igual a 0,95, o escoamento de tronco teve um  $r = 0,55$  e a interceptação  $r = 0,44$ .

Em estudo em floresta secundária da Mata Atlântica em Cunha –SP, ARCOVA et al. (2003) encontraram relação entre a precipitação total e a precipitação incidente com coeficiente de determinação igual 0,99, precipitação total e escoamento de tronco com coeficiente de determinação igual a 0,93 e precipitação total e interceptação com coeficiente de determinação igual a 0,81.

SOUZA & MARQUES (2010) quantificando a precipitação interna em três estádios de sucessão da Mata Atlântica no litoral do Paraná, encontraram correlações entre a precipitação total e a precipitação incidente nos três estádios. A correlação foi de 0,95 para o estádio inicial, 0,97 para o estádio médio e 0,98 para o estádio avançado.

#### 4.7 Análise dos nutrientes adicionados via precipitação interna

De maneira geral, a quantidade dos nutrientes na precipitação interna para as áreas avaliadas obedeceu à seguinte ordem: FSEA > FSEI > FSEM.

Em relação aos valores de pH o valor médio foi de 6,3 para o pluviômetro controle. Entre as áreas não se verificou diferença para este atributo, sendo observados valores médios de 6,5 para a área de FSEA, 6,6 para a área de FSEI e 6,8 para a área de FSEM (Tabela 14).

**Tabela 14.** Valores de CE, pH e quantidade de nutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ )<sup>(1)</sup> contidos na precipitação interna em três diferentes estádios de sucessão da Mata Atlântica.

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

1 Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Bonferroni a 5%.

2 Legenda: FSEI- Floresta Secundária em Estádio Inicial, FSEM- Floresta Secundária em Estádio Médio, FSEA- Floresta Secundária em Estádio Avançado.

Estudando a qualidade das águas da precipitação em um fragmento secundário da Mata Atlântica em Viçosa – MG, SOUZA et al. (2007) encontraram valores de pH e de CE correspondendo a 6,9 e  $0,1005 \text{ mS cm}^{-1}$ , respectivamente.

Na área de FSEM ocorreu correlação entre os valores de pH e os teores de magnésio da precipitação interna ( $r=0,40$  e  $p=0,09$ ). Já na área de FSEA foi observada correlação entre o pH da precipitação interna e os teores de cálcio ( $r= 0,46$  e  $p= 0,09$ ) e magnésio ( $r = 0,40$  e  $p = 0,06$ ).

Os maiores valores de pH nas áreas avaliadas, quando comparado com o controle, provavelmente podem ser atribuídos a interação da água da chuva com as copas das árvores, causando uma ligeira alcalinização da primeira.

Comparando a quantidade de nutrientes da precipitação interna entre os estádios sucessionais avaliados, não se observou diferença para os elementos Ca, K, Na, e C. Entretanto, na área de FSEA, constataram-se valores ligeiramente maiores para Mg e P. Na

área de FSEA verificou-se a adição de valores de Mg de 14,32 kg ha<sup>-1</sup>. Estes valores são próximos aos 11,5 kg ha<sup>-1</sup> encontrados por LIMA (1985) em plantios de *Pinus caribea*, no município de Agudos – SP. Os maiores valores de Mg nesta área podem ser explicados pelas características químicas do solo, uma vez que este elemento pode ter sido originado da deposição de partículas de terra em suspensão nas árvores (MELO & SÁ, 2002). Na área de FSEA também foram verificados elevados valores de P, sendo que esses podem ser explicados por este elemento ter sido depositado nas folhas por meio de partículas de solo. (PEREZ-MARIN & MENEZES, 2008).

Avaliando o fluxo de nutrientes na precipitação interna de uma capoeira e uma floresta secundária no Paraná, SCHEER (2009) encontrou para a primeira área valores de 51,7 kg ha<sup>-1</sup> de K, 5,0 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 2,9 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 95,9 kg ha<sup>-1</sup> de Na. Já para a floresta secundária os valores dos nutrientes foram 28,7 kg ha<sup>-1</sup> de K, 4,2 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 2,1 de kg ha<sup>-1</sup> Mg e 91,8 kg ha<sup>-1</sup> de Na.

Em estudo analisando os teores de K na precipitação interna em três estádios de regeneração da Mata Atlântica no Município de Paranaguá – PR, BERTÉ et al. (2003) quantificaram para o estágio inicial 9,46 kg ha<sup>-1</sup>, para o estágio intermediário 22,32 kg ha<sup>-1</sup> e para o estágio avançado 24,53 kg ha<sup>-1</sup>, valores estes superiores aos encontrados neste estudo.

BACKES (2007) com o objetivo de avaliar a concentração de nutrientes minerais na precipitação interna em uma floresta Ombrófila Mista Montana no Rio Grande do Sul, encontrou para a precipitação interna, valor para a condutividade elétrica igual a 0,0496 mS e o valor de pH da precipitação interna variou entre 5,20 e 6,50. Na análise da concentração de nutrientes presentes na precipitação interna foram quantificados 4,2 kg ha<sup>-1</sup> de P, 112,9 kg ha<sup>-1</sup> de K, 34,7 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 10,8 ha<sup>-1</sup> de Mg.

Estudando a adição de nutrientes contidos na precipitação pluviométrica em um sistema agroflorestal no município de Candiota –RS, CALIL (2008) quantificou uma adição anual de 39 kg ha<sup>-1</sup> de Na, 18 ha<sup>-1</sup> de K, 14 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 7 kg ha<sup>-1</sup> de P e 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mg.

Analisando o fluxo de nutrientes da precipitação interna em três estádios de sucessão em um remanescente de Mata Atlântica com características de Floresta Ombrófila Densa no litoral do Paraná, SOUZA & MARQUES (2010) encontraram para o estágio inicial de sucessão valores de K, Ca, Mg e Na em kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> iguais a 7,3, 24,1, 8,9, 60, respectivamente. No estágio médio de sucessão os valores dos nutrientes em kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> foram de 18,4 para K, 24,0 para Ca, 10,6 para Mg e 83,0 para Na. No estágio avançado os valores dos nutrientes da precipitação interna na mesma unidade de medida foram de 20,3 de K, 30,1 de Ca, 17,2 de Mg e de 61,1 para Na.

Uma possível explicação para a tendência dos maiores valores de nutrientes na área de FSEA pode ser atribuída em função do grau de recuperação das áreas, sendo que no estágio mais avançado ocorre uma ciclagem mais intensa e eficiente que proporciona uma melhor condição para que o solo se recupere. O maior aporte de serapilheira na área de FSEA faz com que haja um maior acúmulo de matéria orgânica no solo causando melhorias tanto físicas como biológicas no solo. Estas melhorias permitem que haja um equilíbrio entre solo e vegetação em relação à ciclagem de nutrientes, evitando que ocorram perdas de nutrientes por lixiviação e erosão. Um ciclagem mais eficiente irá contribuir para a sustentabilidade do ecossistema.

#### **4.8 Análise dos nutrientes adicionados via escoamento de tronco**

Com relação aos valores de pH não foram verificadas diferenças entre os três estádios, este padrão também foi observado para os nutrientes adicionados via escoamento.

No geral a área de FSEI apresentou tendências de maiores valores para os nutrientes Ca e K e também para Na e C. A área de FSEM apresentou maiores valores para Mg e a área de FSEA para o P.

Durante o período de estudo, a magnitude de nutrientes adicionados via escoamento de tronco até o solo seguiu a seguinte ordem decrescente: Ca > Mg > K > P > Na > C.

Os dados dos nutrientes contidos na água proveniente do escoamento de tronco são apresentados na Tabela 15.

**Tabela 15.** Valores de CE, pH e conteúdo teor de nutrientes ( $\text{g ha}^{-1}$ ) contidos no escoamento de tronco em três diferentes estádios de sucessão da Mata Atlântica.

	pH	CE	Na	K	Ca	Mg	P	C
		$\text{mS cm}^{-1}$	----- $\text{g ha}^{-1}$ -----					$\text{Mg ha}^{-1}$
Referência	6,3	0,009	0,26	0,63	0,47	0,32	0,02	0,05
FSEI	6,3 a	0,0581 ab	35,0 a	271,3 a	487,3 a	367,7 a	62,4 a	1,55 a
FSEM	6,5 a	0,0375 b	27,0 a	230,4 a	359,8 a	375,1 a	48,3 a	1,41ab
FSEA	6,0 a	0,1071 a	17,7 a	226,6 a	385,8 a	321,1 a	64,6 a	0,928 b

1 Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Bonferroni a 5%.

2 Legenda: FSEI- Floresta Secundária em Estádio Inicial, FSEM- Floresta Secundária em Estádio Médio, FSEA- Floresta Secundária em Estádio Avançado.

O C apresentou os maiores valores nos três estádios de sucessão. A maior concentração deste elemento na água proveniente do escoamento de tronco é explicada pela deposição de moléculas orgânicas trazidas pelo vento e que se depositaram sobre as copas e troncos das árvores.

A presença de Ca na água do escoamento de tronco pode ser explicada pela morte de tecidos vegetais que se decompõem e com isso a água recebe consideráveis concentrações deste elemento, sendo este fenômeno a principal fonte de adição deste nutriente (MELO & SÁ, 2002). Os mesmos autores relatam que a adição de Mg na água de escoamento do tronco pode ser originada da deposição de solo seco sobre as copas e troncos das árvores das florestas, ocasionando o seu enriquecimento com este elemento.

Os teores de K encontrados na água do escoamento de tronco no estudo podem ser explicados pela presença do elemento nos componentes estruturais das células, assim como o Ca. Outra origem possível advém da ocorrência de queimadas na região, que estariam contribuindo para que o K fosse depositado sobre as árvores por meio da fuligem. Em ambos os casos, a lixiviação seria um fator que estaria contribuindo para a adição deste elemento na água (EATON, 1973; COSTA, 2005).

O P apresentou as menores concentrações em relação ao demais nutrientes, com exceção do Na. O P é um nutriente associado a moléculas orgânicas que são difíceis de serem decompostas, sendo mais reciclado através das quedas das folhas (LIMA, 1985).

O Na apresentou os menores valores dentre todos os elementos analisados. As menores concentrações podem ser explicadas pela distância das áreas de estudo em relação aos ambientes costeiros oceânicos, já que MARTINS (1997) encontrou valores elevados deste elemento em trabalho realizado próximo ao mar.

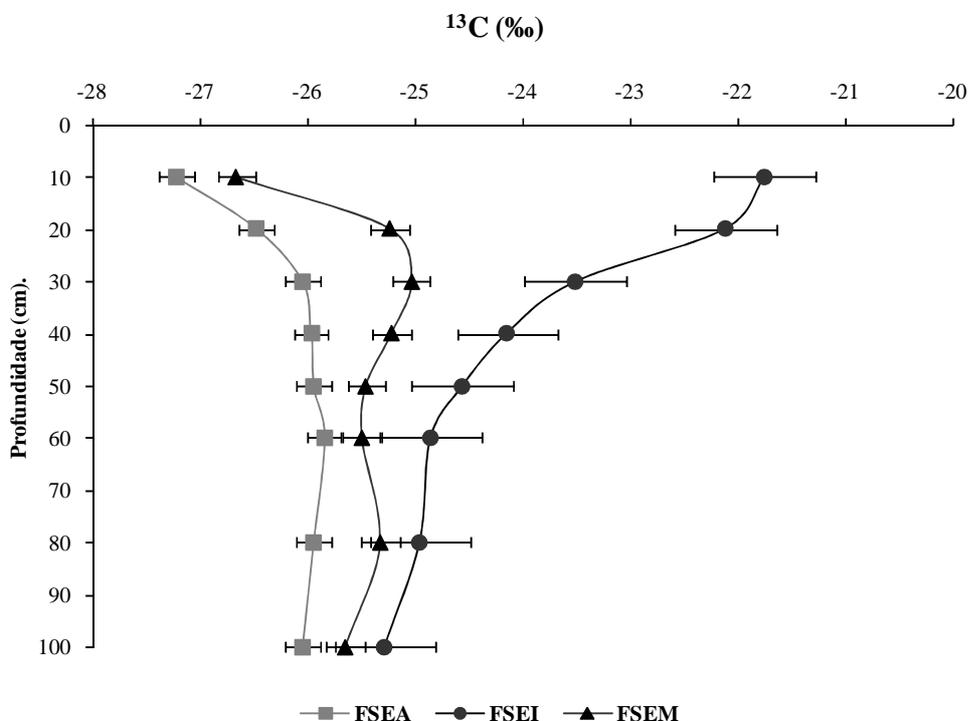
PEREZ-MARIN e MENEZES (2008) quantificando o aporte de P e K no solo via escoamento de tronco em um sistema agroflorestal com *Gliricidia sepium* no município de Esperança – PB, quantificaram um aporte de  $0,02 \text{ kg ha}^{-1}$  de P e  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de K durante o estudo. Em estudo que analisou qualidade da água da precipitação em um fragmento de Mata Atlântica em Viçosa – MG, SOUZA et al. (2007), encontraram valores de pH iguais a 6,3 e de CE de  $0,0664 \text{ mS. cm}^{-1}$ .

Avaliando o conteúdo dos nutrientes na água do escoamento pelo tronco em plantios de *Eucalyptus grandis* consorciado com *Pseudosamanea guachapele* em Seropédica – RJ, BALIEIRO et al. (2007) relataram que o consórcio adicionou anualmente no solo via escoamento de tronco 0,33 kg ha<sup>-1</sup> de P, 10,0 kg ha<sup>-1</sup> de K, 2,01 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 2,87 kg ha<sup>-1</sup> e 3,12 kg ha<sup>-1</sup>.

MAFRA et al. (1998) quantificando a taxa de adição de nutrientes via escoamento de tronco no Cerrado e em um sistema agroflorestal em Botucatu –SP, encontraram para o cerrado uma adição via escoamento de tronco de 0,2 kg ha<sup>-1</sup> de P, 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de K, 0,1 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 0,1 kg ha<sup>-1</sup> de Mg. Já para o sistema agroflorestal a adição de nutrientes foi de 0,1 kg ha<sup>-1</sup> de P, 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de K, 0,1 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 0,2 kg ha<sup>-1</sup> de Mg.

#### 4.9 Análise Isotópica do Carbono do Solo (<sup>13</sup>C)

Na Figura 19 são apresentados os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  do solo nas áreas de estudo até a profundidade de 100 cm.



**Figura 19.** Valores médios de cinco repetições da abundância natural de  $^{13}\text{C}$  nas diferentes áreas e profundidades.

A área de FSEA apresentou aumento dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  na camada de 0-10 cm em relação à camada de 10-20 cm, passando de (-27,2‰ para -26,5‰) sendo que os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  se estabilizam a partir de 60 cm de profundidade.

O mesmo padrão também foi observado na área de FSEM onde os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  aumentaram na camada de 0-10 cm em comparação a camada de 10-20 cm. Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  passaram de -26,5‰ para -25,2‰ nas respectivas camadas e também se estabilizaram a partir de 60 cm.

Na área de FSEI observou-se padrão contrário em relação aos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. A área apresentou uma diminuição dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  na camada de 0-10 cm (-21,8‰) e 10-20 cm (-22,1‰), porém nas camadas subsequentes estes valores se estabilizam até a profundidade de 100 cm.

Os resultados obtidos dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  nas áreas de estudo mostram que tanto as áreas de floresta em estágio inicial e médio de sucessão no passado foram cobertas por áreas de florestas com predomínio de plantas do ciclo fotossintético C3. Essa afirmativa é feita em função dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  estarem estabilizados em entre (-27‰ e -26‰) nas camadas mais profundas do solo, a partir dos 60 cm de profundidade, quando estes valores se igualam aos valores da área de floresta em estágio avançado. Já os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  nas camadas superficiais do solo da floresta secundária em estágio inicial revelam que esta área ainda mantém grande contribuição de carbono de plantas do ciclo fotossintético C4, devido aos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  estarem na faixa de (-21,8‰) na camada de 0-10 cm. Os maiores valores são decorrentes do histórico de uso da área, que anteriormente era usada como pastagem com predomínio de gramíneas, sendo este o motivo para a redução dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  na área. A maior contribuição de carbono oriunda de plantas C4 em florestas em estágios iniciais e médios de sucessão na região de Mata Atlântica também foi constatada por TARRÉ et al. (2001) e MENEZES (2008).

A diminuição dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  nas áreas de floresta secundária em estágio médio e avançado confirma o estudo realizado por MENEZES (2008) em estágios sucessionais da região de Mata Atlântica onde, na medida em que as formações florestais secundárias avançavam sobre áreas de pasto abandonado, ocorria a diminuição progressiva do  $\delta^{13}\text{C}$  nas camadas superficiais do solo.

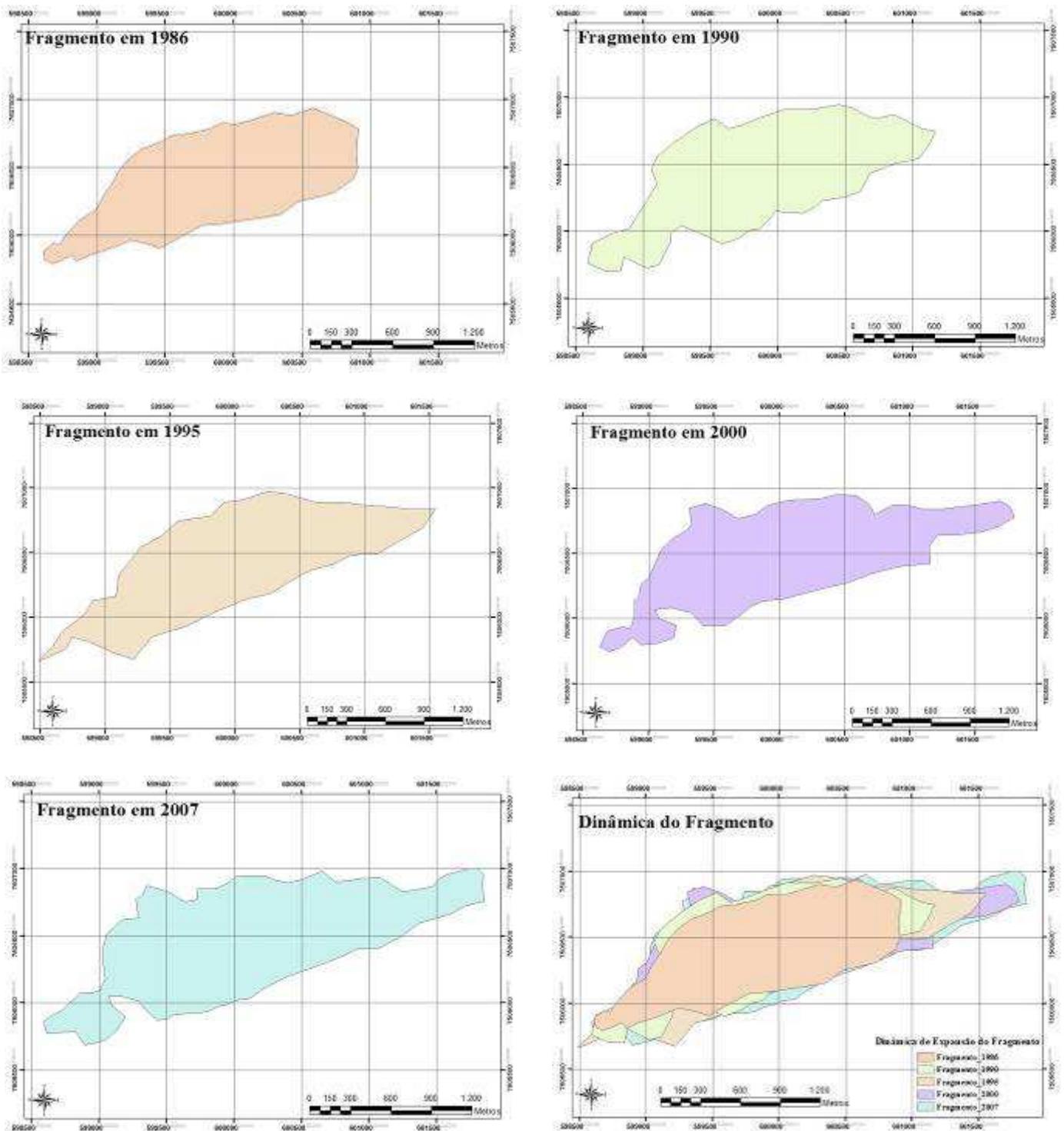
Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  estabilizados a partir da profundidade de 60 cm também foram observados por TARRÉ et al. (2001) e MELO (2003) mostrando que as mais expressivas modificações de  $\delta^{13}\text{C}$  são observadas até a profundidade de 60 cm, com tendência de estabilização nas camadas subsequentes.

#### **4.10 Dinâmica de expansão do fragmento ao longo do tempo**

O crescimento populacional fez com que ocorresse uma demanda muito grande por bens e recursos para suprir a alta demanda ocasionada por este fenômeno. Tal fato leva à reflexão e ao estabelecimento de ações e mecanismos de uso dos recursos naturais de forma racional e principalmente sustentável, causando o menor impacto possível no ambiente de tal modo a garantir a integridade dos ecossistemas. Desta forma, com o uso correto da paisagem, garantem-se os serviços ambientais que são de extrema importância para toda a sociedade.

Nos ecossistemas existem vários tipos de serviços ambientais benéficos à vida no planeta, entre eles destacam-se os serviços que a suportam como a formação dos solos, ciclagem de nutrientes, polinização e produção de água (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Analisando-se a Figura 20, verifica-se que ocorreu uma expansão do fragmento durante no período compreendido entre os anos de 1986 e 2007.



**Figura 20.** Dinâmica de expansão do fragmento ao longo do tempo, período 1986 -2007.

Na Tabela 16 são apresentados os valores da área do fragmento em hectare (ha) e a expansão do fragmento, em valores percentuais relativos à imagem anterior, compreendendo o período de 1986 a 2007.

**Tabela 16.** Expansão da área do fragmento florestal ao longo do tempo, no município de Pinheiral – RJ.

Área do Fragmento	1986		1990		1995		2000		2007	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
	140,2	-	149,5	6,2	157,2	5,2	188,0	19,6	190,3	1,2

Observa-se que houve expansão do fragmento ocasionada pelo crescimento das áreas de sucessão primária e secundária (capoeiras). Este fenômeno foi constatado a partir da análise das imagens e também pelas visitas *in loco*. O aumento das áreas de capoeiras foi decorrente do abandono de áreas que eram utilizadas em práticas agrícolas sem qualquer ação conservacionista do solo, além de estarem localizadas em pontos de paisagem de difícil acesso. Estas áreas foram abandonadas, e nesta ocorreu a regeneração natural.

O fragmento em estudo possui uma extensa área, o que faz dele um local de extrema prioridade e importância para a o resgate da biodiversidade. Isso se dá pela “memória ecológica” que o torna auto-suficiente para se expandir, fato comprovado pelo avanço de áreas apresentado anteriormente. Trata-se de um fenômeno de extrema importância para a manutenção deste ecossistema que está extremamente ameaçado.

Em estudo que buscou caracterizar a paisagem, com ênfase nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual secundária em Minas Gerais, com o auxílio de imagens de satélites durante o período de 1984 a 2007, CALEGARI et al. (2010) apontaram que ocorreu aumento de quase 8% na área total de floresta nativa devido ao surgimento de 46 novos fragmentos e a área individual de cada fragmento apresentou tendência de redução (31,9 para 30,6 ha). Os autores concluíram que, apesar de a cobertura de floresta nativa ter apresentado aumento de área total, de modo geral esta perdeu em qualidade no intervalo de tempo estudado devido à redução das áreas dos fragmentos.

A redução das áreas dos fragmentos e a baixa conectividade entre eles implica na diminuição da troca de genes entre as populações e, com o decorrer do tempo, a qualidade desta fonte de propágulos se reduz, perdendo-se a capacidade de manter a biodiversidade e prejudicando a recolonização dos fragmentos (FUSHITA, 2006).

## 5 CONCLUSÕES

O levantamento florístico e fitossociológico demonstrou uma diferença na composição de espécies entre as áreas, indicando que a floresta em estágio avançado possui maior riqueza de espécies.

A quantificação da fitomassa revelou aumento, bem como nos estoques de carbono e de nutrientes, em função do grau de regeneração da floresta.

Os valores de biomassa radicular foram maiores na camada de 0-10 cm para ambas as áreas e épocas avaliadas. A área de FSEA apresentou maiores valores de biomassa de raízes finas.

A interação da chuva com as copas das árvores promoveu uma ligeira alcalinização da água. O estágio avançado apresentou valores superiores de Mg e P no conteúdo de nutrientes da precipitação interna em relação aos outros estádios de regeneração. A área de FSEA apresentou maiores valores de P no escoamento de tronco em relação às demais.

O estágio médio de sucessão apresentou uma maior emissão de CO<sub>2</sub> do solo no período seco.

A FSEM apresentou maior luminosidade no seu interior no período seco e chuvoso devido as características da sua vegetação.

As modificações dos valores de <sup>13</sup>C nas áreas de estudo ocorreram até a camada de 60 cm, indicando que no passado as áreas de estudo eram cobertas por espécies do ciclo fotossintético C3.

O fragmento florestal apresentou expansão da sua área devido à conversão das pastagens abandonadas em sítios em processo de recuperação.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da proposta do presente estudo da busca de uma maior compreensão das interações que ocorrem em fragmentos da Mata Atlântica, pôde ser constatado que os atributos avaliados mostraram-se sensíveis em diagnosticar a melhor qualidade do ambiente em relação à riqueza de espécies vegetais, fitomassa, ciclagem e estocagem de nutrientes em função do avanço do processo sucessional nas áreas de estudo, indicando que as áreas que apresentam cobertura florestal mais madura possuem uma ciclagem mais eficiente de nutrientes.

A expressão de crescimento da floresta em uma matriz perturbada deve ser utilizada como modelo de recuperação de áreas que passaram por um processo de degradação e vale ressaltar que muitas das vezes não há necessidade da implantação de projetos que consomem grande quantidade de capital para serem colocados em prática para se obter a restauração ecológica, mas a iniciativa de medidas simples como a delimitação dessas áreas com cercas que impedem a entrada de animais como gado e também o abandono dessas áreas, essas medidas promovem a expansão natural destes remanescentes florestais, já é o suficiente para que se dê início a um processo de recuperação.

Biomassas que representam um grande reduto de biodiversidade como a Mata Atlântica e que estão inseridos em regiões que apresentam extensas áreas degradadas com altas incidências de voçorocas que lançam uma enorme quantidade de sedimentos nos rios e lagos prejudicando a produção de energia elétrica e o abastecimento de água para vários municípios precisam dessas iniciativas para que se possa obter uma melhoria na qualidade de vida da sociedade.

O município de Pinheiral-RJ por meio do mau uso de suas áreas para o desenvolvimento da agropecuária ocasionou a degradação de sua paisagem, restando apenas fragmentos florestais nos topos dos morros. Nestas áreas consideradas de difícil acesso, é necessário a conscientização dos produtores para que seja feito o uso mais adequado do solo. Algumas áreas devem ser destinadas a recuperação, com a formação de capoeiras para a redução dos processos erosivos permitindo otimização dos serviços ambientais como estocagem de carbono, resgate da biodiversidade e melhoria da qualidade da água. A adoção destas práticas é um exemplo a ser seguido por outras regiões do país para uma maior expansão dos ecossistemas florestais que estão sendo destruídos em função de uma maior busca de recursos.

Além do envolvimento dos produtores rurais há também a necessidade do envolvimento da sociedade, instituições de ensino e pesquisa e a criação de políticas públicas para o incentivo do bom uso e manejo dos recursos naturais por meio de atrativos como o pagamento por serviços ambientais gerados pelos ecossistemas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. F.; DIAS, H. C.T.; OLIVEIRA-JUNIOR; J.C.; GARCIA; F.N.M.; Avaliação da Precipitação Efetiva de um fragmento de Mata Atlântica em diferentes estádios de regeneração no município de Viçosa – MG. **Revista Ambiente e Água**, – v. 2, 2007.

ANTUNES, M.A.H.; FREIRE, R.M.B. & BOTELHO, A. DA S. Correções atmosféricas de Imagens de satélites Utilizando o Modelo 6S: In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, Anais... Belo Horizonte–MG, 2003.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, 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**, v. 27, p. 257-262, 2003.

ARRUDA, O.D.L. Fitossociologia de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial às margens do Rio Dourados, MS. **Scientia Forestalis**, v. 68, p.69-86, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: **Projetos de estruturas da madeira**. 107. 1997.

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** v.58: p. 331-346, 2007.

BALL, B.C.; SMITH, K.A. Gas movement. In.: SMITH, K. A.; MULLINS, C. E. (Ed.) **Soil analysis: physical methods**. New York: Marcel Dekker, p.511-549; 1991.

BALIEIRO, F. C., CHAER, F. M., REIS, L.L; FRANCO, N. O.;FRANCO, A.A. Qualidade do Solo em Áreas Degradadas; In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, Anais ... 30; 2005, Fortaleza- CE, 2005; Seção Palestras, 1 CD, 2005.

BALIEIRO,F.C.; FRANCO, A. A.; FONTES, R. L. F. ;DIAS, L. E.;CAMPELLO, E. F.C. FARIA, S. M. Evaluation of the Throughfall and Stemflow Nutrient contents in mixed and pure plantations of *Acacia mangium*, *Pseudosamenea guachapele* and *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.31, p.339-346, 2007.

BERTÉ, L., MARQUES, R., PIAZZA, G.E., & SCHWARZBACH, J.: Contribuição de Floresta Atlântica em regeneração para a deposição de nitrogênio e potássio através da água da chuva. Seminário Nacional Degradação Ambiental. Foz do Iguaçu, SEMINÁRIO NACIONAL DEGRADAÇÃO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL - PERSPECTIVA SOCIAL, Curitiba: FUPEF.2003.

BOINA; A. **Quantificação de Estoques de Biomassa e de Carbono em Floresta Estacional Semidecidual, Vale do Rio Doce, Minas Gerais. Viçosa –MG.** 98p.2008. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa. 2008.

BORÉM, R. A.T.; & OLIVEIRA-FILHO, A. T. Fitossociologia do Estrato Arbóreo em uma Toposeqüência Alterada de Mata Atlântica, no município de Silva Jardim-RJ, Brasil. **Revista Árvore**, v.26, p.727-742, 2002.

BOTREL, R.T.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; RODRIGUES, L.A. & CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, p.195-213, 2002.

BLUM, W.E.H. Ecossistemas Florestais, **Ciclo de Bioelementos**. Curitiba, V. 09, p. 39-50, 1978.

BURGER, D. **Modelos alométricos para a estimativa da fitomassa de Mata Atlântica na Serra do Mar, SP**.121p.2005. Tese ( Doutorado em Ecologia), Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

BRASIL, F da C. **Variabilidade espacial e temporal de características morfológicas do sistema radicular de gramíneas forrageiras**, 138p. 2005. Tese.(Doutorado em Agronomia Ciência do Solo).Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2005.

BRASIL; F. C. ZONTA E. OLIVEIRA; M.R.G. Métodos de Amostragem e Quantificação para Estudos do Sistema Radicular em Condições de Campo – uma revisão critica. **Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida**. Seropédica, RJ, EDUR, v. 27, p. 14-33. 2007.

BRITEZ, R. M. et al. Interceptação das chuvas em duas formações florestais da planície litorânea da Ilha do Mel,PR. In: FÓRUM DE GEOBIOHIDROLOGIA, Anais ... 1., 1998, p. 60-69.Curitiba: Universidade Federal do Paraná,1998.

BRITEZ, R.M.; BORGIO, M.; FERRETTI, A.; CALMON, M.; HIGA, R. Estoques e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na Floresta Atlântica do Sul do Brasil. Colombo: **Embrapa Florestas**, 165 p. 2006.

BROWN, S.; LUGO, A.; The storage and production of organic matter in tropical Forest and then role in the global carbon cycle. **Biotropica**, v. 14 p. 161-178, 1982.

BROWN, S., GILLESPIE, A.J.R. & LUGO, A.E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**, v.35, p.881-902, 1989.

BROWN, S. Los bosques y el cambio climático: El papel de terrenos florestales como sumidouro de carbono. Ankara, Turquia: CONGRESSO FLORESTAL MUNDIAL, 1997.

BRUN, E.J. **Biomassa e nutrientes na floresta estacional decidual em Santa Tereza, RS**. 126.p 2004 Dissertação ( Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria,. 2004.

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: IAHS**, p. 5-38.1990.

CALEGARI, L. MARTINS, S. V. GLERIANI, J. M. SILVA, E. BUSATO, L. C. Análise da Dinâmica de Fragmentos Florestais no Município de Carandaí, MG, para fins de Restauração Florestal. **Revista Árvore**, v.34, n.5, p.871-880, 2010.

CALDAS, A.J. **Geoprocessamento e análise ambiental para determinação de corredores de hábitat na Serra da Concórdia, Vale do Paraíba – RJ**. 110p.2006 Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) UFRRJ, Rio de Janeiro 2006.

CALIL; F. N. **Aspectos Nutricinais de um Sistema Agroflorestal com Eucalipto no Sul do Rio Grande do Sul, Brasil**. 144p. 2008 Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria.2008.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M., GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v.20(3). 395-403, 1996.

CAMPOS, M. A. A. **Balanco de biomassa e nutrientes em povoamentos de Ilex paraguariensis. Avaliação na safra e na safrinha**. 106 f. 1991. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

CAIRNS, M. A.; BROWN, M. & HELMER, G. A. Root biomass allocation in the world's upland forests. **Oecologia**, v. 111, p. 1-11, 1997.

CRAIG, H. Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for massspectrometric analysis of carbon dioxide. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.12, p.133-149, 1975.

CASTELLANOS J.; JARAMU, V.J.; SANFORD JR, R.L. & KAUFFMAN J. B. Slash-and-burn effects on fine root biomass and productivity in a tropical dry forest ecosystem in México. **Forest Ecology and Management** v.148, p. 41-50, 2001.

CASTRO, C. F. A.; POGGIANI, F.; NICOLIELO, N. Distribuição da fitomassa e nutrientes em talhões de *Pinus oocarpa* com diferentes idades. **Revista IPEF**, Piracicaba, v. 20, 1980.

CASTRO, P.S.; VALENTE, O.F.; COELHO, D.T.; RAMALHO, R.S. Interceptação da chuva por mata natural secundária na região de Viçosa, MG. **Revista Árvore**. v.7, p.76-89, 1983.

CASTRO, G.C. de. **Análise da estrutura, diversidade florística e variações espaciais do componente arbóreo de corredores de vegetação na região do Alto Rio Grande, MG**. 83 p. 2004 Dissertação ( Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Lavras : UFPA. 2004.

CARMO, C.A.F.S., MANZATTO, C.V.; ALVARENGA, A.P.; TOSTO, S.G.; LIMA, J.A.S.; KINDEL, A.; MOTTA, F. Biomassa e estoque de carbono em seringais implantados na Zona da Mata de Minas Gerais. In: ALVARENGA, A.P.; CARMO,

C.A.F.S. Seqüestro de carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural. UFV, Viçosa, 2006, 352p.

CEIVAP–COMITÊ PARA INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos. Volumes 1 a 8. Fundação Coppetec. UFRJ. Agência Nacional das Águas (ANA). 1200 p. 2002.

CIDE CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO. Índice de qualidade dos municípios. Rio de Janeiro: Fundação CIDE, (em CD). 2002.

COELHO NETTO, A. L.; SANCHE, M.; PEIXOTO, M. N.O. Precipitação e interceptação florestal em ambiente tropical montanhoso, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia**, v. 4, p. 55-71, 1986.

COUTINHO; R. P.; **Estoques de carbono e emissão de N<sub>2</sub>O no sistema solo planta em região da Mata Atlântica**. 68p. 2009 Seropédica. RJ Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo).Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2009.

CONAMA. Resolução 006 de 4 de maio de 1994, Ministério do Meio Ambiente, site: <<http://www.mma.gov.br/conama/legiano1.cfm>> Acessado em: 25/01/ 2009.

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**, v. 29, p. 563-570, 2005.

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**, v.33 p.1175-1185, 2009.

CRUZ, A. R.; PEREIRA, M. G.; FERNANDES, M. M.; GIÁCOMO, R. G. and PORTELA, L. da S. Evolução de CO<sub>2</sub> de serrapilheira de diferentes coberturas florestais. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, Seropédica, RJ: EDUR, v. 24, n. 2, p. 23-27. 2004.

DALE. V. H.; **Trends in carbon content of vegetation in south and southeast Asia associated with changes in land use**. New York; Springer-Verlog. 1994.

DELANEY, M. et al. The distribution of organic carbon in major components of Forest located in Five zones of Venezuela. **Journal of Tropical Ecology**, v. 13, p. 697-708, 1997.

DIXON, R. K.; BROWN, S.; HOUGHTON, R.A.; SOLOMON, A. M.;TREXLER, M.C ; WISNIEWUSKI, J. Carbon pools and flux of global forest ecosystems . **Science**. **Washington**, v. 263, n. 5169, p.185-190. 1994.

DRUMOND, M. A.; BARROS, N. F.; SOUZA, A. L. SILVA, A. F. Distribuição de Biomassa e de nutrientes em diferentes coberturas florestais e pastagens na região do Médio Rio Doce – MG. **Revista árvore**, v.21, n.2 p. 187-199, 1997.

EATON, J.S.; LIKEAS, G.E.; BORMANN, F.H. Throughfall and stemflow chemistry in a northern hardwood forest. **Journal of Ecology**. v.61. p.495-508.1973.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1). 1997.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª Edição. Rio de Janeiro, Embrapa Solos**, 306p. 2006.

ESWARAN, H. ;VAN DEN BERG, E. ; REICH, P. Organic carbon in soils of the World. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v.57, n 1. P.192-194; 1993.

FAO (Roma, Itália). State of the World's forests. Rome. 220p. 1997.

FERNANDES, E.C.M. Agroforestry for productive and sustainable landscapes in the face of global change. In: GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; GAMARODRIGUES, E.F.; FREITAS, M.S.M.; VIANA, A.P.; JASMIN, J.M.; MARCIANO, C.R. & CARNEIRO, J.G.A., eds. **Sistemas agroflorestais: Bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, p.15-31. 2006.

FERREIRA; S. J.; LUIZÃO, F. J.; DALLAROSA, R. L. G. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Acta Amazônica**. v. 35, p. 55-62, 2005.

FLORENZANO, T.G. Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo: **Oficina de Textos** 97p. , 2002.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E.F.; SILVA, E.R. & FARIA, S.M. de. Revegetação de solos degradados. EMBRAPA – CNPAB, 1992. 9p. (**Comunicado Técnico**, nº 9).

FREITAS; T. A. S. BARROSO; D. G. B. CARNEIRO; J. G. A. Dinâmica de Raízes de Espécies Arbóreas: visão da literatura. **Ciência Florestal**, v. 18, p. 133-142, 2008.

FUNDAÇÃO INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (RJ). <[www.ief.rj.gov.br/mata/conteudo.htm](http://www.ief.rj.gov.br/mata/conteudo.htm)>. Acessado em 22/09/2010.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 1995-2000. São Paulo, 2002.

FUSHITA, A. T. **Análise da fragmentação de áreas de vegetação natural e seminatural do município de Santa Cruz da Conceição, São Paulo, Brasil**. 84 f 2006.. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

GANDOLFI, S. **Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta residual na área do Aeroporto Internacional de São Paulo, município de Guarulhos, SP**. 232 p 1991.. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Campinas: UNICAMP, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 1991.

GARDENAS, A. I. Soil respiration fluxes measured along a hydrological gradient in a norway stand in south sweder (skogaly). **Plant and soil**, the hague, v.221, p.273-280; 2000.

GIÁCOMO R.G. **Fitossociologia, aporte de serapilheira, estoques de carbono e nitrogenio em diferentes formações vegetais na Estação Ecológica de Pirapitinga – MG**. 144 f. 2009.Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2009.

GOMES, A.R. **Projeção de crescimento urbano utilizando imagens de satélite**. 89 f. Monografia - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 1997.

GONÇALVES, J. L. M; MELLO, S. L. M. The root System of trees. In: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti, V. Forest nutrition and fertilization. Piracicaba, SP: **Revista IPEF**, 2004. p. 223-267.

GROMBONE, M. T., BERNACCI, L. C., NETO, J. A. A. Estrutura fitossociológica da floresta semidecídua de altitude do Parque Municipal de Grota Funda (Atibaia - estado de São Paulo) **Acta Botanica Brasilica**, v. 4, p. 47- 64, 1990.

HAAG, H.P. Ciclagem de Nutrientes em Florestas Tropicais. Fundação CARGIL. Campinas, 1985.

HAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 5.ed. Rio de Janeiro:Guanabara Koogan, 1996.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: Emissão X Sequestro De CO<sub>2</sub> – Uma Nova Oportunidade De Negócios Para O Brasil, 1994, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: p. 125-153. 1994.

HOEN, H.; SOLBERG, B. Potencial and economic efficiency of cabon sequestration in Forest biomass through silvicultural management. **Forest Science**, v. 40, p. 429-451, 1994.

HOUGHTON, R.A. Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance. **Global Change Biology** 11, 945–958. 2005.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE. Good practice for land-use change and forestry. Japan. Institute for Global Environmental Strategies, 2003.

IPCC 2006. INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.

JANSSENS, I. A. KOWALSKI, A.S.; CELEUMANS ; R. Forest floor CO<sub>2</sub> fluxes estimated by eddy covariance and chamber-based model. **Agricultural and Forest Meteorology**. Amesterdam, v.106. p. 61-69, 2001.

JANSSENS, I. A.; SAMPSON, D. A.; CURIEL-YUSTE, J.; CARRARA, A.; CEULEMANS, R. The carbon cost of root turnover in a Scots pine forest. **Forest Ecology and Management**, v.168, p.231-240, 2002.

LACLAU, J. P.; ARNAUD, M.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J. Spatial distribution of *Eucalyptus* roots in a deep sandy soil in the Congo: relationships with the ability of the stand to take up water and nutrients. **Tree Physiology**, v.21, p.129-136, 2001.

LACLAU J.P.; RANGER J.; BOUILLET. J. P.; NZILA. J. D.; DELEPORTE. P.; 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.

LACLAU, J. P.; TOUTAIN, F.; M'BOU, A. T.; ARNAUD, M.; JOFFRE, R.; RANGER, J. The function of the superficial root mat in the biogeochemical cycles of nutrients in Congolese Eucalyptus plantations. **Annals of Botany**, v. 93, p.249-261, 2004.

LAURANCE, W. F.; LOVEJOY, T. E.; VASCONCELOS, H. L.; BRUNA, E. M.; DIDHAM, R. K.; STOUFFER, P. C.; GASCON, C.; BIERREGAARD, R. O.; LAURANCE, S. G.; SAMPAIO, E. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, Boston, v. 13, p. 605-618, 2002.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Paulo: EPU, 319p. 1986.

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

LIMA, P. R. A. **Retenção de água de chuva por mata ciliar na região central do Estado de São Paulo**. 99p 1998. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP. Botucatu,- 1998.

LIMA, J.A.S.; KINDEL, A.; CARMO, C.A.F.S.; MOTTA, P.E.F. Composição, estrutura e biomassa de fragmentos florestais. Seqüestro de carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural. UFV, 352p. 2006.

LIMA.J.A. S VILLELA D.M., PÉREZ.D.V. FILHO B.C.ENASCIMENTO. M.;T. Avaliação da biomassa radicular fina em fragmentos florestais da Planície Costeira Fluminense. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 450-452, 2007.

LIRA, P.K.; FERNANDEZ, F.A.S.; CARLOS, H.S.A.; CURZIO, P.D. Use of a fragmented landscape by three species of opossum in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 23, p. 427-435, 2007.

MACHADO, S. A. & FIGUEIREDO FILHO, A. F. **Dendrometria**. 2.ed. Guarapuava: UNICENTRO, 316 p. 2006.

MAFRA; A. L.; MIKLÓS;A. A W . VOCURCA; H.L.;HARKALY;A.H. MENDOZA; E. Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestal do tipo .cultivo em aléias. e em cerrado na região de Botucatu, SP. **Scientia Foretalis**, p. 41-54,. 1998.

MALAVOLTA E; VITTI G.C; OLIVEIRA S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós. 319p. 1997.

MANTOVANI, J. E. & PEREIRA, A. Estimativa da Integridade da Cobertura Vegetal de Cerrado Através de Dados TM/Landsat. ANAIS IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, SANTOS, BRASIL,, INPE, p. 1455-1466.;1998.

MARTINS, F. R. **O método dos quadrantes e fitossociologia de uma floresta residual no interior do estado de São Paulo: Parque Estadual de Vassununga**134 p. 1979. Tese (Doutorado em Botânica) Campinas - Universidade Estadual de Campinas, 1979.

MARTINS;A. R. A. **Ciclagem hidrológicoquímica:precipitação incidente, precipitação sob dossel e solução do solo, em área de floresta, em Benevides** - Belém, Pará. 76 p. 1997. Dissertação ( Mestrado em Ciências Florestais). 1997.

MATAMALA, R.; GONZÁLEZ-MELER, M. A.; JASTROW, J. D.; NORBY, R. J.; SCHLESINGER, W. H. Impacts of Fine Root Turnover on Forest NPP and Soil C Sequestration Potential. **Science**, v.302, p.1385-1387, 2003.

MELO, R. B. & FARIA, S.M. de. Compatibilidade de bactérias fixadoras de nitrogênio, rizóbio, com espécies da família Leguminosae. Comunicado Tecnico no 27, p.1-3. EMBRAPA - CNPAB, Rio de Janeiro, 1998.

MELO; V.S.,SÁ;T.D.A. Variação Temporal de Nutrientes na Água Escorrida pelo caule em Floresta Primária Explorada no Nordeste do Pará. **Revista Acta Amazônica**.v.32. p.605-612. 2002.

MELO, A.W.F. DE. **Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono do solo no Acre**. 73p.2003.Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Piracicaba: ESALQ/USP,2003.

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

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and human well-being: synthesis. Washington, DC: island Press and World Resources Institute, 2005. Disponível:<[urlhttp://www.millenniumassessment.org/documentos/document.356.aspx.pdf](http://www.millenniumassessment.org/documentos/document.356.aspx.pdf)> Acessado em: 02/02/2009.

MOURA, A. E. S. S. ; CORREA, M. M.; SILVA; E. R. FERREIRA; L. R. C.; FIGUEIREDO; A. C.; POSSAS; J. M. C. Interceptação das Chuvas em um Fragmento de Floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, p.461-469, 2009.

MOLCHANOV, A. A. Hidrologia Florestal. Lisboa: Fundação Caloust Gunbenkian. 420 p., 1963.

MÜELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H.; 1974. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. New York: John Wiley & Sons. 547p.

NALON, M. A.; VELLARDI, A. C. V. Interceptação na floresta secundária das encostas da Serra do Mar, região de Cubastão, SP In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSENCIAS NATIVAS, 2, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**. São Paulo. v. 4, p.894-899, 1992.

NASSER, F. C.; **Determinação de Áreas Prioritárias para a Instalação de Corredores Ecológicos na APA Palmares, no município de Paty do Alferes, RJ.**52f. 2008. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) 2008.

NEVES, J.C.L. **Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos emplântios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo.** 202p. 2000. Tese de Doutorado.( Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes. 2000.

OLIVEIRA, J.A. **Caracterização física da Bacia do Ribeirão Cachimbal-Pinheiral (RJ) e de suas principais paisagens degradadas.** 136p. 1998. Seropédica: (Dissertação Mestrado Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1998.

OLIVEIRA-FILHO, T.; CURI, N.; VILELA, E.A. & CARVALHO, D.A. Effects of Canopy Gaps, Topography, and Soils on the Distribution of Woody Species in a Central Brazilian Deciduous Dry Forest. **Biotropica**, v. 30, p. 362-375, 1998.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forest in southeastern Brazil and the influence of climate.**Biotropica**, Lawrence, v. 32, p. 793-810, 2000.

OLIVEIRA-JUNIOR, J.C. **Precipitação Efetiva em Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, Viçosa, Minas Gerais.** 88p. 2005. Dissertação ( Ciência Florestal ) Universidade Federal de Viçosa. 2005.

OLIVEIRA, L. L.; COSTA, R. F., SOUSA, F. A.; COSTA, A.C.L.;BRAGA. A .P. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. **Revista Acta Amazônica**.v. 38.p 723 – 732, 2008.

PINTO-JUNIOR, O. B.; SANCHES, B. L.; DALMOLIN, A. C.;NOGUEIRA, J. S. Efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em floresta de transição Amazônia Cerrado e em área de pastagem. **Acta Amazônica**. vol. 39 pag. 813 – 822, 2009.

PEREZ-MARIN, A. M.; MENEZES; R. S. C.; Ciclagem de Nutrientes ivia Precipitação Pluvial Total, Interna e Escoamento pelo Tronco em Sistema Agroflorestal com *Gliricidia sepium*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2573-2579, 2008.

PUTTKER, T.; MEYER-LUCHT, Y.; SOMMER, S. Fragmentation effects on population density of three rodent species in secondary Atlantic Rainforest, Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**. v. 43, p. 11-18, 2008.

RIBAS, R. F.; MEIRA NETO; J. A.; SILVA; A. F. ; SOUZA; A. L. Composição Florística de Dois Trechos em Diferentes Etapas Serais de uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.27, p.821-830, 2003.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation** v.142, p.1141–1153. 2009.

RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A.G.; SOARES, C. P.B. MARTINS, S. V. NARDELLI; A. M. B. E SOUZA; A. L. Quantificação de Biomassa e Estimativa de Estoque de Carbono em uma capoeira da Zona da Mata Mineira. **Revista Árvore**, v.34, n.3, p.495-504, 2010.

RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza: um livro-texto em ecologia básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara/Koogan, p. 357-358. 1996.

RODRÍGUEZ, A.C.M. **Mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo do município de São Sebastião - SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM - LANDSAT E HRV – SPOT**. 82p . 2000. (Monografia de Especialização). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos - SP. 2000.

RODRIGUES, L.A. **Estudo florístico e estrutural da comunidade arbustiva e arbórea de uma floresta em Luminárias, MG, e informações etnobotânicas da população local**. 184 p. 2001. Dissertação ( Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Lavras, 2001.

RODRIGUES, E.R. & GALVÃO, F. Florística e fitossociologia de uma área de reserva legal recuperada por meio de sistema agroflorestal na região do pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista FLORESTA**, v. 36, p. 295-303, 2006.

SANTANA, C.A. DE A.; LIMA, C.C.D.; MAGALHÃES, L.M.S. Estrutura horizontal e composição florística de três fragmentos secundários na cidade do Rio de Janeiro. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** Maringá, v. 26, p. 443-451, 2004.

SANTOS, K. & KINOSHITA, L.S. Flora arbustivo-arbórea do fragmento de floresta estacional semidecidual do Ribeirão Cachoeira, município de Campinas, SP. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 3, p. 325-341, 2003.

SEASTED, T.R. and CROOSLEY, D. A. The influence of arthropods on ecosystems. **BioScience**, Tokyo, v.34, p.157-161, 1984.

SILVA; A. F.; OLIVEIRA; R. V. SANTOS; N. R. L.; PAULA; A. Composição Florística e Grupos Ecológicos das Espécies de um Trecho de Floresta Semidecidual Submontana da Fazenda São Geraldo, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v.27, p.311-319, 2003.

SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; DAIVIDE, A. C.; MELLO, J. M.; ACERBI JUNIOR, F. W. Manejo sustentado da candeia (*Eriosema erythropappus* (DC.) McLeisch e *Eriosema incanus* (Less.) Less.). Universidade Federal de Lavras. 241p. 2002.

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

SCUDELLER, V. V.; MARTINS, F. R.; SHEPHERD, G. J. Distribution and abundance of arboreal species in the Atlantic Ombrophilous Dense Forest in Southeastern Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 152, p. 185-199, 2001.

SILVER, W. L. The potential effects of elevated CO<sub>2</sub> and climate change on tropical forest soils and biogeochemical cycling. **Climatic Change** v.39 p. 337–361. 1998.

SYLVESTRE & ROSA. Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica. Editora UFRRJ,. 123 p. 2002.

SOUZA; V. V, DIAS; H.C.T,COSTA; A.A. OLIVEIRA JÚNIOR; J.C. 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**, v.31, p.737-743, 2007.

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

SMITH, J. L., MYUNG, M. H. Rapid procedures for preparing soil KCl extracts for <sup>15</sup>N analysis. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, Boca Raton, v.21, p.2173-2180, 1990.

SPOLIDORO, M. L. C. V. **Composição e Estrutura em Trecho de Floresta no Médio Paraíba do Sul, RJ**. 100p. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro); 2001.

TABARELLI, M. MANTOVANI, W. A regeneração de uma floresta tropical montana após corte e queima (São Paulo-Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, v.59, p. 239-250. 1999.

TARRÉ, R.; MACEDO, R; CANTARUTTI, R.B; REZENDE, C. de P; PEREIRA, J.M.; FERREIRA, E; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S & R.M. BODDEY. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Plant and Soil**, v. 6, v. 234, p.15–26, 2001.

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, 188p. (**Boletim técnico de solos**, 5). 1985.

- VAN NOORDWIJK, M. Roots: length, biomass, production and mortality. In: ANDERSON, J. M. AND INGRAM, J. S. I. 1993. **Tropical Soil Biology and Fertility: a Handbook of methods**. CAB International, Wallingford. p. 132-144, 1993.
- VALENTINI, C. M. A., ESPINOSA, M. M.; PAULO, S. R. Estimativa do Efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, por meio de regressão múltipla, para floresta de transição no Noroeste de Mato Grosso. **Cerne**, v.14, n.1, p.9-16, 2008.
- VERMOTE, E.F., TANRE, D., DEUZE, J.L., HERMAM, M., AND MORCRETTE, J.J., (1997), Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview., **IEEE Trans. Geosc. And Remote Sens.** 35 (3): 675-686.
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; LIBERALESSO, E.; LOPES, V. G. Biomassa de Raízes Finas em um povoamento de *Acacia mearnsii*. In.: VI SIMPÓSIO DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E II SIMPÓSIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA DO RJ. CD – Rom (**Anais...**) 2010.
- VITAL, B. R. Métodos de Determinação da densidade da madeira. Viçosa: UFV, 21p. (Sociedade de Investigação Florestais, volume 1 ); 1984.
- VOGT, K. A. Carbon budgets of temperate forest ecosystems. **Tree Physiology**, Oxford, v. 9, n. 1-2, p. 69-86. 1991.
- VOGT, K. A.; BLOOMFIELD, J. Tree root turnover and senescence. In: FREITAS; T. A. S. BARROSO; D. G. B. CARNEIRO; J. G. A. Dinâmica de Raízes de Espécies Arbóreas: visão da literatura. **Ciência Florestal**, v. 18, p. 133-142, 2008.
- WATZLAWICK; L. F.SANQUETTA; C.R. CALDEIRA; M. V. W. Estoque de Carbono Orgânico e Biomassa em Pinus Taeda L. **Biomassa e Energia** , v.2, p.7-17, 2005.
- WERNECK, M. S., PEDRALLI, G. & GIESEKE, L. F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto-MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, p. 195-198, 2001.
- WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M. V. & CALDEIRA, M. V. Estimativa da Biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla s.t. Blake* no município de Santa Maria – RS. **Revista Árvore**, v.27, p117 – 183, 2003.
- ZAIA;F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e Balanço de Nutrientes em Povoamentos de Eucalipto na Região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,v. 28 pag. 843-852, 2004.
- ZANCHI, F.B. **Medição do Efluxo de CO<sub>2</sub> do solo com câmaras automáticas sobre floresta em Rondônia**. 66p. 2004. Dissertação (Mestrado).Universidade de São Paulo-São Paulo. 2004.