

*Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento*

**Boletim de Pesquisa  
e Desenvolvimento**

**152**

ISSN 1678-0892  
Dezembro, 2010

**Padrões Estruturais de Florestas Secundárias na  
Área de Proteção Ambiental Rio Macacu (RJ)**

  
**Embrapa**  

---

**Solos**

ISSN 1678-0892

Dezembro, 2010

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Solos  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 152***

### **Padrões Estruturais de Florestas Secundárias na Área de Proteção Ambiental Rio Macacu (RJ)**

*Jorge Araújo de Sousa Lima  
Samantha Taquetti Mansur*

Rio de Janeiro, RJ  
2010

**Embrapa Solos**

Rua Jardim Botânico, 1.024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2274-5291

Home page: [www.cnps.embrapa.br](http://www.cnps.embrapa.br)

E-mail (sac): [sac@cnps.embrapa.br](mailto:sac@cnps.embrapa.br)

**Comitê Local de Publicações**

**Presidente:** *Daniel Vidal Pérez*

**Secretário-Executivo:** *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

**Membros:** *Ademar Barros da Silva, Cláudia Regina Delaia, Maurício Rizzato Coelho, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Ana Paula Dias Turetta, Fabiano de Carvalho Balieiro, Quitéria Sônia Cordeiro dos Santos*

**Supervisor editorial:** *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

**Revisor de Português:** *André Luiz da S. Lopes e Jacqueline S. R. Mattos*

**Normalização bibliográfica:** *Ricardo Arcaño de Lima*

**Editoração eletrônica:** *Julia Rodrigues Santos de Pinho Mineiro  
Jacqueline Silva Rezende Mattos*

**1ª edição**

1ª impressão (2010): online

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

---

L732p Lima, Jorge Araújo de Sousa.

Padrões estruturais de florestas secundárias na área de proteção ambiental rio Macacu / Jorge Araújo de Sousa Lima e Samantha Taquetti Mansur. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2010.

32 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 152).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: < <http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao.html> >.

Título da página da Web (acesso em 21 dez. 2010).

1. Estrutura florestal. 2. Alometria arbórea. 3. Indicadores ambientais. 4. Mata Atlântica. I. Mansur, Samantha Taquetti. II. Título. III. Série.

CDD (21.ed.) 634.9

---

© Embrapa 2010

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	5
<b>Abstract</b> .....	7
<b>Introdução</b> .....	9
<b>Material e métodos</b> .....	10
• Área de estudo .....	10
• Estratégia amostral .....	12
• Análise de dados .....	12
<b>Resultados e discussão</b> .....	18
<b>Conclusão</b> .....	26
<b>Agradecimentos</b> .....	26
<b>Referências bibliográficas</b> .....	26

# Padrões Estruturais de Florestas Secundárias na Área de Proteção Ambiental Rio Macacu (RJ)

---

*Jorge Araújo de Sousa Lima<sup>1</sup>*  
*Samantha Taquetti Mansur<sup>2</sup>*

## Resumo

Na Área de Proteção Ambiental (APA) Rio Macacu (RJ) estão sendo implantados projetos industriais e de urbanização impactantes, sendo de interesse, para fins de monitoramento ambiental, disponibilizar indicadores do estado atual dos remanescentes florestais que tipicamente recobrem as colinas locais. O fenômeno da fragmentação florestal é apontado como causa de vários efeitos sobre a estrutura arbórea de acordo com a intensidade e o regime das perturbações, em geral de origem antrópica. Sendo de se esperar a significativa diferenciação estrutural entre partições das florestas (borda, encosta e topo), buscou-se responder duas questões neste estudo: (I) há diferenças alométricas importantes quanto a relação entre diâmetro do tronco a 1,3 m (DAP) e as variáveis: altura total da árvore (HTOT), comprimento vertical de copa (COPA) e de fuste até o primeiro ramo (HFST)? e (ii) quais são as diferenças estruturais entre essas partições? Foram selecionados seis fragmentos florestais em que se alocaram aleatoriamente três parcelas de 50 x 5 m em cada partição nas quais mensuraram-se todas as árvores com DAP mínimo de 5 cm para gerar médias de HFST (3,9 - 5,2 m), HTOT (6,7 - 8,5 m), COPA (2,8 - 3,3 m) e área basal (AB = 22,1 - 28,4 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>). Os resultados indicam que nas bordas a estrutura apresentou menor

---

<sup>1</sup> Eng. Agr. Dr. Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024. Rio de Janeiro - RJ. CEP: 22460-000.  
E-mail: jorge@cnps.embrapa.br

<sup>2</sup> Bióloga BSc. Bolsista IBIO/Embrapa Agrobiologia, atualmente Mestranda – European Masters of Applied Ecology – sammansur@yahoo.com

menor porte, tendo as árvores fuste mais curto e comprimento vertical da copa mais longa, sugerindo um ajuste a condições ambientais distintas das partições nucleares. Os parâmetros dos indivíduos da encosta e topo das colinas não apresentaram diferenças significativas de estrutura e alometria, indicando a existência de limitado gradiente ambiental entre si.

*Palavras-chave:* Mata Atlântica, efeito de borda, alometria arbórea, estrutura florestal e indicadores ambientais.

# Structural patterns of secondary forests from environmental protection area of Macacu river basin (Rio de Janeiro State – Brazil)

---

## Abstract

*Urbanization and industrialization projects that can cause major environmental impacts are being implemented at the Environmental Protection Area of Macacu River Basin (Rio de Janeiro's East of Guanabara Bay). In order to raise actual state of local remnants that typically cover local hills, vegetation structure is being studied for monitoring ends. The forest fragmentation process is pointed out as cause of many effects over the forest structure according to intensity and the perturbation regimes, mostly caused by antropic actions. As significant differences of structure are expected between the edge of the fragment and its interior partitions (slope and top) two questions are made in this study: (i) are there allometric differences between the trunk diameter at 1,3 m high (DBH) and the variables: tree total height (TTH), crown vertical length (CVLN) and trunk length?; and (ii) how different are the structures among these partitions? Six secondary forests fragments belonging to private properties dedicated to agriculture and livestock were selected to randomly allocate three 50 x 5 m plots on edge, slope and top. General means were estimated from all trees (DBH  $\geq$  5 cm) for trunk length (TRNK = 3,9 – 5,2 m); total tree height (H = 6,8 – 8,5), crown vertical length (CVLN = 2,8 – 3,2 m) and basal area (BA = 22,1 – 28,4 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>). Results obtained indicate that the overall structure at the edge is smaller, TRNK is shorter and most individuals show longer CVLN, thus suggesting specific adaptations, but within hills slope and top no*

*significant differences were found on structure or tree allometry, thus indicating limited environmental gradient inside de forest fragments.*

*Keywords: Atlantic Forest; edge effect; arboreal allometry; forest structure; environmental indicators.*



## Introdução

A avaliação do funcionamento dos ecossistemas em áreas rurais demanda o uso de indicadores de qualidade ambiental ante um quadro histórico de degradação e fragmentação dos remanescentes florestais (SOS MATA ATLÂNTICA, 2008). Além da extração seletiva de madeira e da perda de habitat, ressalta-se que a redução de tamanho dos fragmentos florestais promove o crescimento proporcional das áreas de borda, aumentando a vulnerabilidade desses ecossistemas às perturbações externas, em geral de origem humana (GUEDES-BRUNI et al., 2006).

Entre os impactos resultantes do assim chamado efeito de borda, que ocorre em consequência da mudança microclimática abrupta no perímetro externo dos fragmentos florestais, é bem conhecido o aumento de árvores mortas e da densidade de espécies do grupo ecológico das pioneiras, em geral de madeiras mais leves que limitam a biomassa e a frequente presença de cipós e exóticas (LAURANCE, 2007). Esse efeito se propaga decrescentemente no sentido do interior da floresta, sendo mais bem amortecido em grandes fragmentos ou naqueles circulares, mas naqueles de forma estreita pode impactar toda sua extensão (MURCIA, 1995). Contudo esses padrões dependem da intensidade e histórico de perturbações (NUNES et al., 2003; OLIVEIRA-FILHO, 2007).

As proporções de árvores dos diferentes grupos sucessionais influem na estrutura por diferirem de arquitetura, moldando um habitat heterogêneo sob intensa competição por radiação solar. As pioneiras tendem a investir no crescimento vertical tirando proveito de clareiras eventuais, já as secundárias apresentam expressivo crescimento horizontal da copa, em busca da luz de pequenas clareiras (MONTGOMERY; CHAZDON, 2001). Embora uma descrição esquemática desprezasse exceções e as inúmeras posições intermediárias, deve-se considerar ainda que variações de porte arbóreo podem ser afetadas por condições edafoclimáticas (MIYAMOTO et al., 2007).

Nesse quadro a degradação de florestas em decorrência da implantação de pastos e cultivos na zona onde atualmente se localiza a Área de Proteção

Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macacu (APA Rio Macacu) (RIO DE JANEIRO, 2002) teve início no século 17, ampliou-se com a abertura de estradas (séculos 18 e 19) e da ferrovia (século 19), intensificando-se em decorrência da pavimentação das rodovias BR-116 e RJ-122 nas décadas de 1950 e 1960 (CABRAL; FISZON, 2004). Atualmente os recursos naturais dessa área se encontram ameaçados por um conjunto de grandes e impactantes empreendimentos em fase de implantação de acordo com Antunes et al. (2009): um complexo petroquímico no município de Itaboraí, uma linha de gasoduto transversa, o Arco Metropolitano do Rio de Janeiro e uma barragem no rio Guapiaçu pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE).

Como as bordas de fragmentos florestais em propriedades rurais intermedeiam ações humanas e condições ambientais contrastantes em relação às partições internas, os padrões estruturais resultantes são úteis como indicadores de estado atual (BERG et al., 2003), ajudando a descrever um ecossistema funcionalmente importante para a conservação da biodiversidade, contenção de encostas e ciclagem das águas entre outras, nas diversas paisagens do território fluminense. Portanto sob a hipótese da significativa diferenciação estrutural entre partições dos fragmentos florestais, buscou-se responder neste estudo as seguintes perguntas: (i) há diferenças importantes de forma das árvores das partições (borda, encosta e topo) dos fragmentos de florestas secundárias da APA Rio Macacu? e (ii) quais são as diferenças estruturais entre essas partições?

## Material e Métodos

### Área de estudo

A Área de Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macacu (APA Rio Macacu) (RIO DE JANEIRO, 2002) é uma unidade de conservação estratégica localizada a leste da baía de Guanabara entre as coordenadas geográficas 22° 21' e 22° 42' de latitudes sul e 43°04' e 42°33' de longitude oeste inserida no Bioma Mata Atlântica (ANTUNES et al., 2009). É parte da Zona Metropolitana do Rio de Janeiro, englobando os municípios de Guapimirim, Cachoeiras de Macacu e Itaboraí.

Atualmente em torno de 41% da superfície territorial do município de Cachoeiras de Macacu continua sob florestas (~ 53.753 ha), percentual que está bem acima da média estadual (18,6%) e da nacional (7,3%) de acordo com SOS Mata Atlântica (2008), ou mesmo que o valor nacional entre 11 e 16% indicado por Ribeiro et al. (2009), ilustrando estimativas obtidas com diferentes metodologias. A paisagem apresentava originalmente um contínuo florestal desde a Serra do Mar, mas que foi reduzido e fragmentado progressivamente nas menores cotas pelo uso urbano, agropecuário, industrial e de lazer, confinando os fragmentos florestais nas calotas superiores, por vezes alongadas, dos inúmeros morrotes que caracterizam o relevo local (CABRAL; FISZON, 2004).

A vegetação dominante corresponde a Floresta Ombrófila Densa (VELOSO et al., 1991). Em uma amostra de floresta madura local, Kurtz e Araújo (2000) obtiveram como as espécies arbóreas de maior importância: *Neoraputia magnifica* (Rutaceae), *Euterpe edulis* (Arecaceae), *Gallesia integrifolia* (Phytolaccaceae), *Chrysophyllum flexuosum* (Sapotaceae) e *Calycorectes sellowianus* (Myrtaceae). Em amostras de florestas secundárias, Lima et al (2009) registraram entre as principais espécies: *Nectandra rigida* (Lauraceae), *Cupania furfuracea* (Sapindaceae), *Astrocaryum aculeantissimum* (Arecaceae,) *Aparisthium cordatum* (Euphorbiaceae) e *Albizia polycephala* (Leguminosae - Mimosoidae).

O clima é tropical úmido (Am/Aw – Köppen) com pluviosidade anual acima de 2.000 mm.ano<sup>-1</sup> concentrada entre setembro e abril e estiagem moderada de maio a agosto. A temperatura média mensal varia de 19 a 26°C (SIMERJ, 2008). Já a geologia é dominada por rochas de composição granito-gnáissica do Pré-Cambriano (RADAMBRASIL, 1983), tendo o relevo caracterizado por um “mar de morros” raramente superiores a 100 m, havendo o predomínio de solos das classes Gleissolos, Planossolos e Neossolos Fúlvicos (LUMBRERAS et al., 2001).

## Estratégia amostral

Tomaram-se seis fragmentos florestais (Tabela 1; Figura 1) de propriedades dedicadas à agropecuária entre aquelas incluídas em projetos de pesquisa para desenvolvimento do Plano de Manejo da APA Rio Macacu (ANTUNES, 2009). As respectivas denominações foram referentes aos nomes pelos quais são conhecidos na zona ou pelo primeiro nome do proprietário.

Os fragmentos foram divididos em três partições: borda (faixa de até 15 metros no perímetro externo), encosta (faixa nuclear entre a borda e o topo de extensão variável, entre 100 e 400 m lineares e de inclinação entre 20° e 45°) e o topo propriamente (aproximadamente entre 2 e 10 ha) onde a topografia se torna mais plana. Em cada partição foram alocadas aleatoriamente três parcelas de 50 x 5 m paralelamente ao gradiente altitudinal.

No interior de todas as parcelas mensuraram-se o DAP (diâmetro a 1,30 m) com fita centimétrica e as seguintes variáveis de altura com ajuda de vara telescópica: altura do tronco até início da copa ou primeiro ramo (HFST), altura total da árvore (HTOT) e comprimento vertical da copa (COPA). Já o valor de área basal (AB) foi obtido com a fórmula  $AB = \pi \cdot (DAP/2)^2$  de todos os indivíduos de cada parcela, convertido para hectare por regra de três simples.

As classes de altura total da árvore foram divididas em menores de 5 m, entre 5 e < 10 m, 10 e < 15 m e > 15 m. Para simplificar a exposição, as classes foram referidas apenas por limites sem decimais (5 m, 5 – 10 m, 10 – 15 m e > 15 m). Já o critério mínimo de inclusão de indivíduos para as medições foi  $DAP \geq 5$  cm.

## Análise de dados

A detecção de diferenças entre borda, encosta e topo se fez pela análise de variância com uso do delineamento hierarquizado (*Nested Design*) tendo a partição como variável fixa e o fragmento como variável aleatória (Tabela 1). Para a comparação de médias se utilizou o teste de Duncan ( $p = 0,05$ ).



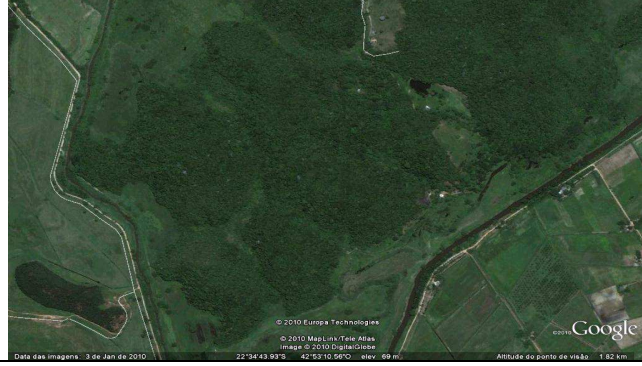
Tabela 1 – Modelo da análise de variância (*Nested Design*) utilizado para comparar médias da densidade de indivíduos, de área basal e as variáveis altimétricas das árvores em fragmentos florestais da APA Macacu.

Fonte de variação	GL
Partição	2
Fragmento	5
Parcela	6
Partição (Fragmento)	10
Erro	30

Os dados de abundância por classe diamétrica ou por classe de altura foram transformados  $(x + 0,5)^{-2}$  de modo a se aproximar da distribuição normal, como se demonstra pelo gráfico de probabilidade normal (Figura 2) de acordo com Hair Junior et al (2005). Já as regressões lineares entre DAP e as variáveis resposta HTOT, HFST e COPA foram realizadas por partição tomando-se como unidade amostral as médias de cada uma das classes diamétricas por parcela de cada partição.




Todas as análises estatísticas foram realizadas com o programa comercial SAS para Windows 9.1.3 (SAS INSTITUTE INC., 1999).

**Tabela 2.** Características gerais dos fragmentos de florestas secundárias da APA Rio Macacu (RJ, 2009).

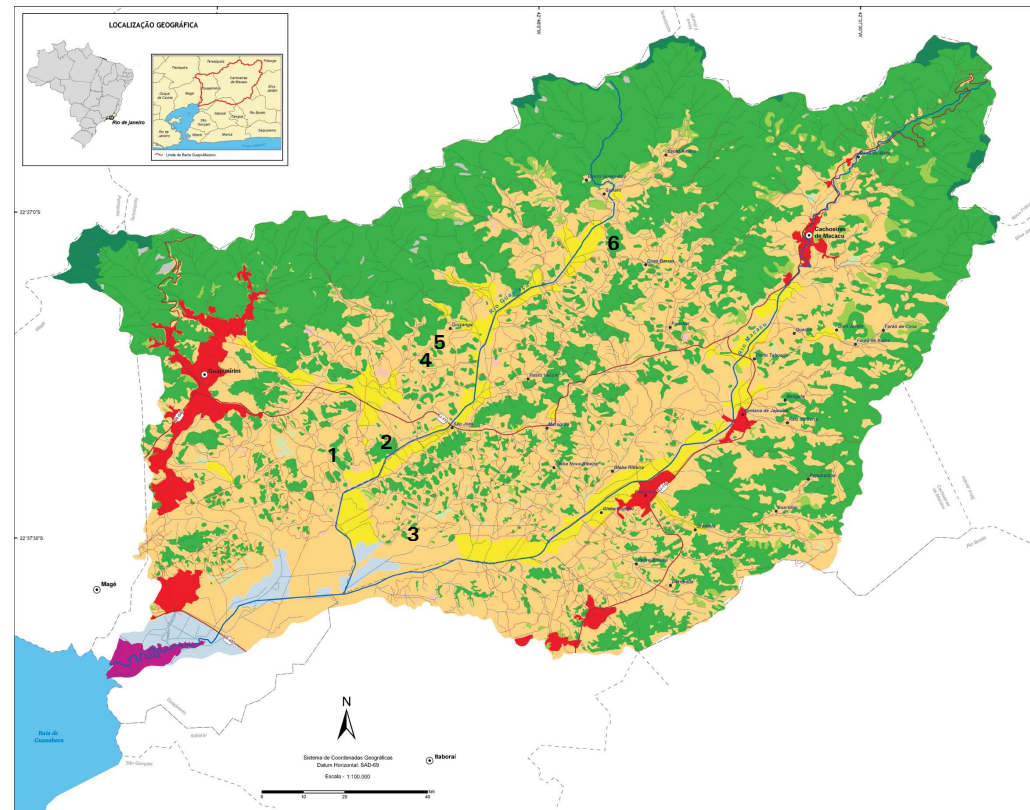
Nome	Descrição	Imagem
<p>ANAMILHO</p> <p>30 ha</p> <p>22°31'29.90"S; 42°51'14.46"O</p>	<p>Sucessão intermediária – degradado nas bordas (jaqueiras e saque de varas), em regeneração no interior. Elevada ocorrência de cipós e de bambus.</p>	
<p>MOISÉS</p> <p>50 ha</p> <p>22°33'25.19"S; 42°50'45.22"W</p>	<p>Sucessão inicial/intermediária – degradado nas bordas (jaqueiras e cítricos, agrotóxicos, fertilizantes), saque de madeira). No interior a regeneração apresenta elevada ocorrência de cipós e Iri (<i>Astrocarium aculeatissimum</i> - <i>Arecaceae</i>)</p>	
<p>DANIEL</p> <p>102 ha vizinho a 4 morrotes juntos</p> <p>22°34'46.51"S; 42°53'9.75"W</p>	<p>Sucessão intermediária – degradado nas bordas (jaqueiras) e no interior (saque de varas). Grandes populações de Iri (<i>Astrocarium aculeatissimum</i> - <i>Arecaceae</i>) e de Pindoba (<i>Attalea humilis</i> - <i>Arecaceae</i>). Elevada ocorrência de cipós.</p>	

Imagens: Google Earth.

Tabela 2. Continuação.

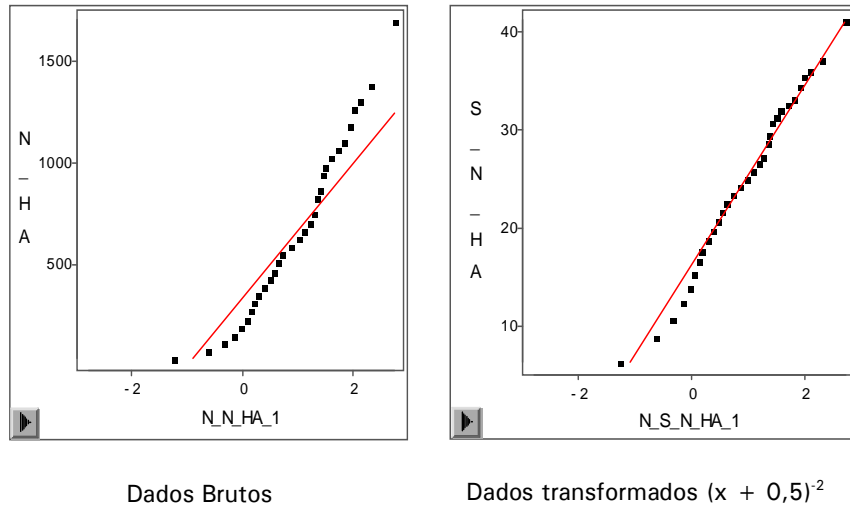
Nome	Descrição	Imagem
<p>ALESSANDRO 9 ha</p> <p>22°35'5.15"S 42°47'51.49"W</p>	<p>Sucessão intermediária – alguma degradação nas bordas por retirada de varas e pastejo bovino, mas a regeneração no interior não apresenta sinais de degradação.</p>	
<p>CONSORCIADAS 54 ha</p> <p>22°33'14.26"S, 42°54'06.54W</p>	<p>Sucessão intermediária / avançada – degradado somente nas bordas (pastejo bovino sobre mudas), mas em regeneração avançada no interior sem sinais de degradação.</p>	
<p>ANAPASTO 38 ha</p> <p>22°31'15.96"S; 42°51'14.18"W</p>	<p>Sucessão intermediária – bastante degradado nas bordas (jaqueiras e saque de varas e troncos), mas em regeneração no interior sem sinais evidentes de degradação.</p>	

Imagens: Google Earth.

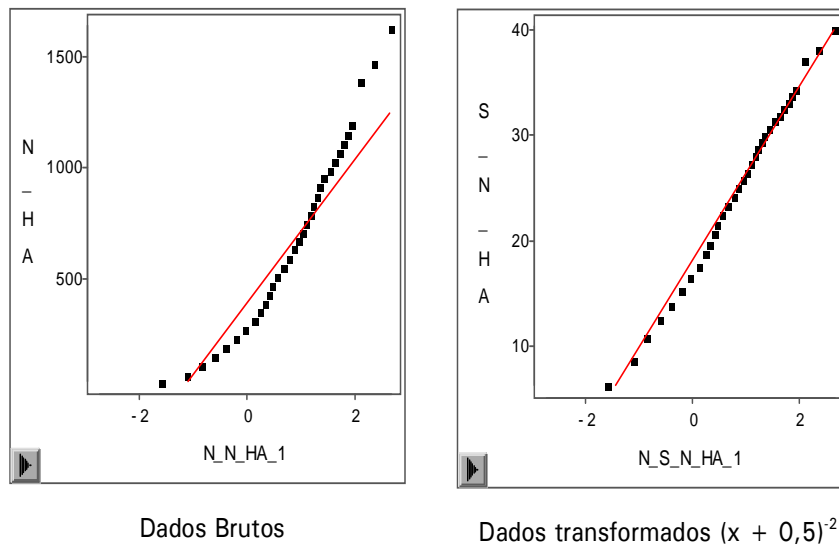


**Figura 1.** Localização e identificação dos fragmentos: 1- Consorciadas 2 - Daniel; 3- Alessandro; 4- Ana Milho; 5- Ana Pasto; 6 - Régua: (Verde escuro - Campo de Altitude; Verde - floresta natural madura ou em fase intermediária de sucessão; Verde Claro - florestas em fase inicial de sucessão; Marrom claro - pastagens; Amarelo - agricultura; Vermelho - áreas urbanas; Azul claro- campo inundável ; Roxo - Mangue). Extraído de IBIO (2010).





**Figura 2.** Distribuição cumulativa dos resíduos da densidade de indivíduos (dados brutos e transformados) ordenados por classes diamétricas (linha pontilhada) em relação à normal esperada (linha vermelha) por dados brutos e transformados.



**Figura 3.** Distribuição cumulativa dos resíduos da densidade de indivíduos (dados brutos e transformados) ordenados por classes de altura total da árvore (linha pontilhada) em relação à normal esperada (linha vermelha).

## Resultados e Discussão

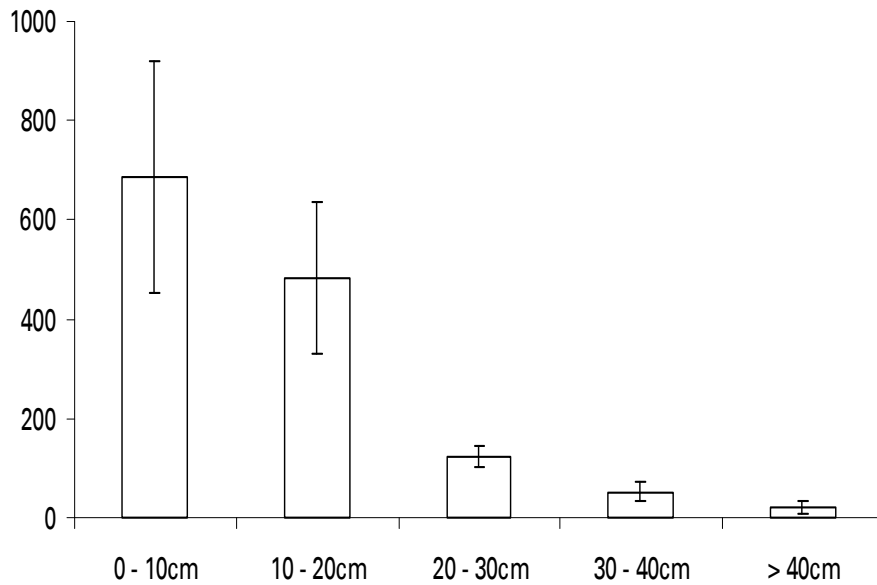
As médias obtidas de altura e diâmetro das árvores (Tabela 3) estão próximas de diversas florestas secundárias da Baixada Litorânea Fluminense (GUEDES-BRUNI 1998; MORENO et al., 2003; CARVALHO 2005; CARVALHO et al., 2007) e dentro da faixa de amplitude da fase sucessional intermediária (BRASIL 1994; DAP médio de 10 a 20 cm; HTOT de 5 a 12 m) mesmo considerando os valores máximos e mínimos dos respectivos intervalos de confiança. Os valores de área basal (AB) indicaram que nas bordas a média se incluiu nessa mesma fase sucessional (BRASIL 1994; AB de 10 à 28 m<sup>2</sup>), já o obtido na encosta e topo se situam pouco acima desse limite, indicando estrutura mais desenvolvida.

A densidade de árvores por classe diamétrica ou de altura foi mais alta nas classes inferiores (Figura 4) de acordo com o padrão básico das florestas tropicais (LAMPRECHT, 1990). A curva obtida se aproxima da observada por Carvalho & Nascimento (2007) em Floresta Ombrófila Densa na Baixada Litorânea Fluminense e por Barros et al. (2006) em Floresta Ombrófila Montana de Friburgo (RJ), mas se distancia da tendência menos abrupta verificada por Kurtz e Araújo (2000) em um trecho de floresta madura local onde, conforme se espera, há maior recrutamento relativo nas classes diamétricas intermediárias (HOLDRIDGE, 1978).

Tabela 3 – Comparação de médias (ANOVA - *Nested*) entre partições de seis fragmentos florestais da APA Rio Macacu quanto à densidade de árvores (N), área basal (AB), diâmetro do tronco (DAP), altura de fuste (HFST), altura total (HTOT) e comprimento vertical da copa (COPA)

Partição	Dens (N/ha)	<i>D</i>	AB (m <sup>2</sup> /ha)	<i>D</i>	DAP (cm)	<i>D</i>
TOPO	1304 (143)	B	28,4 (2,9)	A	13,9 (1)	A
ENCOSTA	1516 (208)	A	29,1 (3,7)	A	13,1 (1,9)	AB
BORDA	1289 (192)	B	22,1 (3,8)	B	12,5 (1,5)	B
Partição	HFST (m)	<i>D</i>	HTOT (m)	<i>D</i>	COPA (m)	<i>D</i>
TOPO	5,2 (0,3)	A	8,5 (0,3)	A	3,3 (0,2)	A
ENCOSTA	5,0 (0,2)	A	8,3 (0,3)	A	3,2 (0,2)	A
BORDA	3,9 (0,4)	B	6,7 (0,4)	B	2,8 (0,1)	B

Obs.: Desvio padrão entre parênteses. Letras iguais no sentido das colunas representam médias estatisticamente iguais. *D* = *Duncan*<sub>p = 0,05</sub>.

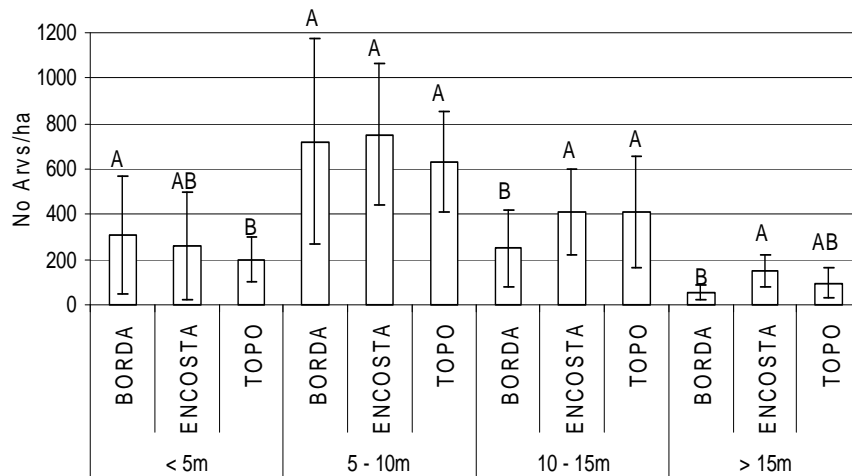


**Figura 4.** Médias (N=6;  $\pm$  desvio padrão) da densidade de indivíduos.ha<sup>-1</sup> por classe diamétrica de florestas secundárias da APA Rio Macacu.

A menor quantidade de grandes indivíduos (Figura 5) reduziu o porte da floresta na área de borda onde também foram significativamente menores as médias de densidade de indivíduos em relação a encosta, DAP em relação ao TOPO e AB, DAP, FST, HTOT e COPA em relação ao topo e encosta (Tabela 3). Oliveira Filho et al. (1997) encontraram menor desenvolvimento físico nas bordas da Floresta Semidecídua Montana de Minas Gerais independentemente do regime de perturbação. Já, Farias et al. (2009), em fragmentos da Floresta Ombrófila do Sul da Bahia, observaram nas bordas a rarefação de folhas das árvores das espécies de maior altura, sublinhando um impacto da estrutura sobre a serapilheira. Já Ferreira (2007), no sul de Minas Gerais, não encontrou diferença em altura do fuste, enquanto Barros (2006) obteve o mesmo quanto à área basal, mas não detectou variação significativa da densidade de indivíduos entre as partições dos fragmentos avaliados.

Normalmente essas diferenças são atribuídas à morte e queda frequente de árvores adultas, usualmente observado nas bordas florestais devido em parte ao efeito fisiológico promovido pela desidratação e exposição a episódios eventuais de ventos fortes (NASCIMENTO; LAURANCE, 2004). Por outro lado a menor competição por luz em função da maior radiação solar lateral tende a conformar uma estrutura de menor porte (GELDER et al., 2006).

A densidade média de indivíduos foi a única variável em que o topo foi estatisticamente igual à borda, mas foram significativamente menores a da encosta (Tabela 3). Já a média de área basal no topo foi igual a da encosta, porém, maior que na borda. O topo das colinas tem maior exposição aos ventos de todas as direções o que pode influir em alguma medida na dinâmica florestal dada a frequente ocorrência de chuvas intensas comumente acompanhadas de fortes rajadas (DAVIS; NAGHETTINI, 2001). Nesse caso é possível que a queda de galhos e árvores possa ser um fator a reduzir a densidade da regeneração jovem aproximando-se do observado nas bordas, porém dada a maior quantidade de árvores de médio porte (10 – 15 m) no topo (Figura 5), a área basal média foi maior do que na borda.



**Figura 5.** Comparação de médias da densidade de árvores por classe de altura total da árvore (HTOT) entre bordas, encostas e topos de florestas secundárias da APA Rio Macacu (N=18;  $\pm$  desvio padrão). Letras iguais representam médias estatisticamente similares (Anova / Duncan;  $p = 0,05$ ).

A variação estrutural é mais bem visualizada pela distribuição de indivíduos por classe de tamanho da árvore (Figura 5). Entre aquelas até 5 m de altura a borda apresentou média mais alta da densidade. Na classe de altura de 5 a 10 m a densidade média foi estatisticamente igual nas três partições, mas a tendência se inverte a partir dos 10 m de altura, verificando-se médias inferiores de densidade de indivíduos até 15 m em relação as demais partições, mas a igualdade em relação ao topo na classe superior ( $> 15$  m).

Os resultados obtidos contrastam com os de Nunes et al. (2003) em floresta secundária de Minas Gerais onde não se evidenciaram variações significativas da densidade de indivíduos e médias de DAP entre borda e interior para essas mesmas classes de HTOT em dois níveis de perturbação. Já Oliveira et al. (2008) obtiveram no nordeste brasileiro, em floresta semidecídua as mesmas tendências aqui registradas com a maior densidade de indivíduos das árvores mais altas e de maior DAP no interior dos fragmentos.

A intensidade da perturbação pode ter relação com o tipo de matriz circundante, se lavouras ou pastagens, além do tempo de regeneração (NUNES et al., 2003). Barros (2006) conclui que a pastagem tem um efeito bem menos intenso sobre as bordas do que as lavouras de milho na Zona Serrana Fluminense, contudo, deve-se considerar que práticas culturais e a proteção dos fragmentos, uso do fogo e de agrotóxicos podem diferir entre locais e gerar diferentes resultados.

A conformação de uma estrutura com menor razão altura/diâmetro dos indivíduos nas bordas pode ser um ajuste por aclimatação ou adaptação das espécies locais a conferir maior resistência mecânica aos ventos em consequência da redução do estiolamento das plantas (HORN 2000; GELDER et al., 2006). Nesse sentido os coeficientes de correlação altamente significativos entre DAP e as variáveis HTOT e COPA nas três partições (borda, núcleo e topo) expressam relações alométricas de proporcionalidade, também observadas entre DAP e HFST no topo e encosta, mas não na borda (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficientes de correlação (*Pearson*) entre diâmetro a 1,3 m de altura (DAP) e as medidas de altura de fuste (HFST), altura total de árvore (HTOT) e comprimento vertical da copa (COPA) em partições das florestas secundárias da APA Rio Macacu (N = 18).

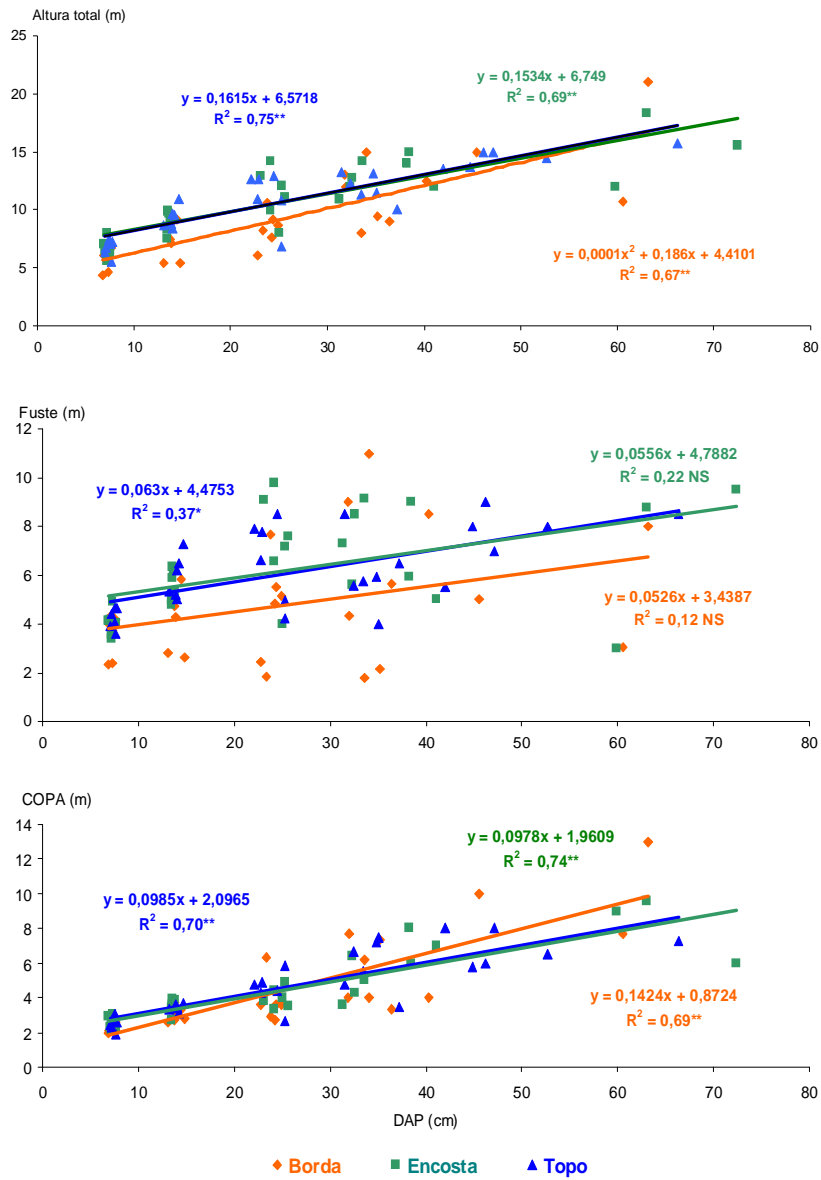
Variável	Partição		
	Borda	Encosta	Topo
HFST	0,35	0,47*	0,61**
HTOT	0,82**	0,83**	0,87**
COPA	0,83**	0,86**	0,84**

Obs.: \* ( $p=0,05$ ); \*\* ( $p=0,01$ ).

As curvas de regressão linear entre DAP e as variáveis resposta HTOT, COPA e HFST (Figura 6) apresentaram tendências similares no topo e encosta, mas diferiram das bordas, onde somente no topo houve significância estatística, mas com baixo coeficiente de determinação. Nestas os menores valores de DAP tenderam a gerar valores menores nas três variáveis. Contudo, comparativamente às partições topo e encosta, os valores mais altos de DAP na borda geraram valores similares de HTOT, inferiores de HFST e mais altos de COPA.

As árvores de maior DAP da borda apresentaram HTOT próximas às do topo e da encosta, mas tenderam apresentar COPA mais longa e HFST mais curto, o que dá suporte a hipótese do menor estiolamento estrutural das bordas florestais de Gelder et al. (2006). Apesar da tendência ao maior investimento na COPA das árvores de borda, a média significativamente mais baixa dessa variável obtida nesta partição (Tabela 3) resulta da maior densidade de indivíduos de menores dimensões e o conseqüente maior peso da regeneração jovem sobre essa média.

O efeito de borda provoca diferenciações estruturais que respondem a fatores ambientais, como a associação do stress de água à redução do porte de florestas úmidas detectada na Ásia por Myamoto et al (2007), tendo obtido que a relação DAP - HTOT em solo arenoso foi equivalente a metade daquela em texturas mais pesadas.



**Figura 6.** Regressões lineares (equações - \*  $p = 0,05$ ; \*\*  $p = 0,01$ ) entre DAP e as variáveis altura total da HTOT (A), altura do fuste HFST (B) e comprimento vertical de copa COPA (C) em topos, encostas e bordas de florestas secundárias da APA Rio Macacu.

Portanto é de se esperar que as relações alométricas nas bordas contrastem significativamente com aquelas do núcleo porque a aplicação de recursos no tronco tende a ser uma troca entre DAP ou HTOT onde o maior déficit hídrico no solo das bordas favorece o crescimento em diâmetro do tronco, mas reduz a altura da árvore, possivelmente como mecanismo para facilitar o transporte de água até as folhas (GIVNISH 1995; MARTINEZ ; LÓPEZ-PORTILLO 2003; CHOAT et al., 2007) .

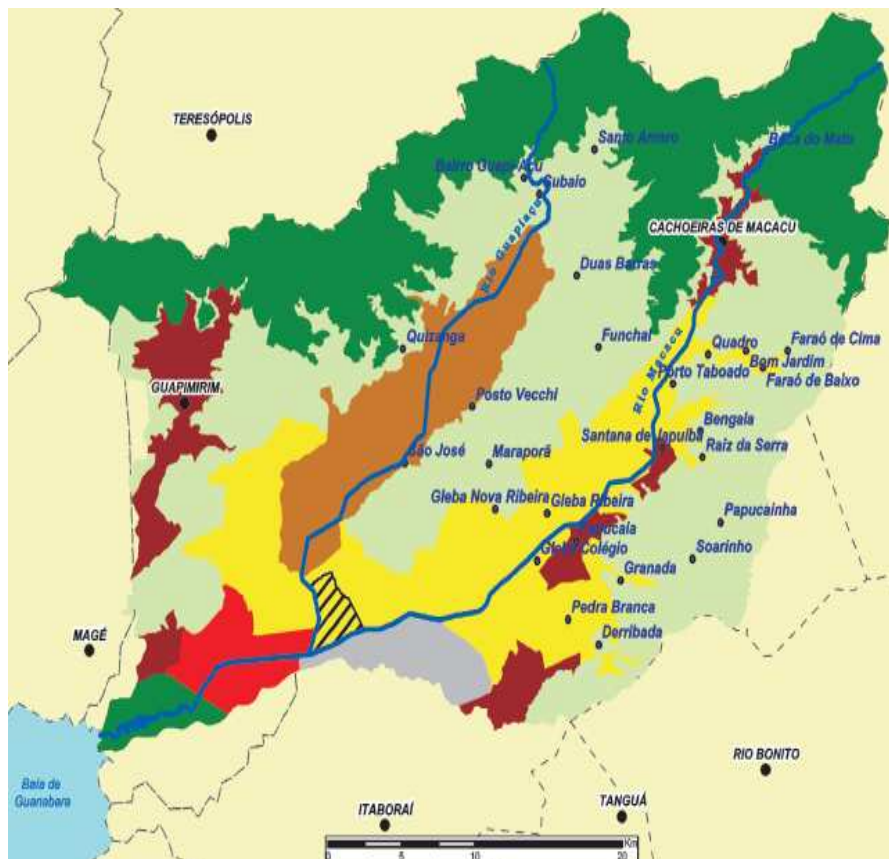
Já Zhang et al. (2004), em floresta tropical de eucalipto da Austrália, obteve a melhor modelagem DAP - HTOT em base multivariada ao integrar variações de microsítio, status da competição, potencial de crescimento, variações espaciais de crescimento e HTOT, histórico complexo e o mosaico de condições impostas pela competição e heterogeneidade ambiental.

Cabe considerar que processos naturais tendem a se confundir com a perturbação antrópica, pois as florestas generalizadamente classificadas como secundárias resultam de diferentes processos desde o abandono de cultivos e pastos em áreas onde a vegetação natural foi completamente eliminada aos remanescentes originais que foram sendo isolados e degradados pela extração de madeira, eventuais acidentes com fogo e a ação de pastoreio e pisoteio de mudas por animais domésticos (SAMPAIO ; GUARINO, 2007). Portanto a influência da borda é mais bem avaliada a partir de dados climáticos e do regime de perturbação (SEGURA et al., 2003) não disponíveis para a zona de estudo.

Um fator que permite supor a distribuição espacial das perturbações é o variação espacial da densidade demográfica DM (ano base - 2008) (Figura 7) que é acompanhada pela menor área de vegetação natural a sul e oeste da APA Rio Macacu (manchas verdes mais intensas na Figura 1) que acompanha, desde Cachoeiras de Macacu (43% de Mata Atlântica; 60 Hab./Km<sup>2</sup>) aos municípios mais litorâneos (Itaboraí, Tanguá, e Rio Bonito) cuja cobertura florestal é de 18% e DM de 298 Hab./Km<sup>2</sup> (IBGE 2009; SOS MATA ATLÂNTICA 2010). Já os municípios à oeste de Guapimirim, de Magé à Niterói apresentam ainda média elevada de DM (2117 hab/Km<sup>2</sup>) e 25,5% de cobertura florestal IBGE (2009).



Uma amostra de apenas seis fragmentos tem limitada representatividade para a APA Rio Macacu, mas comparativamente aos estudos de Oliveira Filho et al. (1997), Barros (2006), Ferreira (2007), Oliveira et al. (2008) e Farias et al. (2009) em fragmentos de Mata Atlântica, a diferenciação estrutural aqui encontrada entre borda e núcleo não parecem indicar perturbações extremas ou recentes, mas tão somente efeito de borda. Cabe ressaltar que os fragmentos recobrem colinas, portanto no caso de existir o efeito da posição na pendente, há um confundimento inseparável do efeito de borda.



**Figura 7.** Distribuição de municípios na zona da APA Rio Macacu e de seu entorno a leste da Baía de Guanabara. Extraído de IBIO (2010).

## Conclusão

1 – O fuste mais curto das árvores de borda e o mais longo comprimento vertical da copa das maiores árvores dessa partição sugerem a seleção de indivíduos de maior resistência mecânica e maior aproveitamento da radiação solar.

2 – As médias significativamente inferiores nas bordas de área basal, HTOT, HFST e COPA, mas também, embora com menor evidência, de DAP e densidade de indivíduos, além da maior quantidade de árvores pequenas, caracterizam ajuste estrutural sob condições ambientais distintas das partições nucleares.

3 – Exceto pela maior densidade de indivíduos na encosta, as partições nucleares (encosta e topo) não apresentaram diferenças significativas de estrutura e de forma das árvores, sugerindo a existência de limitado gradiente ambiental entre si.

## Agradecimentos

À bióloga MSc Vanina Zini Antunes e à médica veterinária MSc Gabriela Viana da ONG – Instituto Bioatlântica (IBIO), pela coordenação dos projetos Caminhos da Sustentabilidade (PDA) e Entre Serras e Águas (FNMA) financiados pelo Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Aos assistentes Sérgio Nunes Gonçalves, Anderson Vieira Francisco e Tiago de Oliveira Rosa pela ajuda nos trabalhos de campo.

## Referências Bibliográficas

ANTUNES, V.Z. Informações gerais sobre a APA do Rio Macacu.. . In: **Plano de Manejo APA da Bacia do Rio Macacu**. Ed. Instituto BioAtlântica. Rio de Janeiro. P. 20-29. 2009.

BARROS, F.A. Efeito de borda em fragmentos de floresta montana, Nova Friburgo – RJ. Dissertação de Mestrado, **Universidade Federal Fluminense**, RJ, 100p. 2006.

BERG, E. VAN DEN, E.; SANTOS, F. A. M. Aspectos da variação ambiental em uma floresta de galeria em Itutinga, MG, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 83-98, 2003.

CABRAL, D.C.; FISZON, J.T. Padrões sócio-espaciais de desflorestamento e suas implicações para fragmentação florestal: estudo de caso na bacia do Rio Macacu, RJ. **Scientia Forestalis**, n.66, p.13-24. 2004.

CARVALHO, F.A. Efeitos da fragmentação florestal na florística e estrutura da Mata Atlântica submontana da região de Imbaú, município de Silva Jardim, RJ. 2005. 124f. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia) - **Universidade Estadual do Norte Fluminense**, Campos dos Goytacazes, 2005.

CARVALHO, F.A.; NASCIMENTO, M.T.; BRAGA, J.M.A. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo de um remanescente de Mata Atlântica submontana no município de Rio Bonito, RJ, Brasil (mata Rio Vermelho). **Revista Árvore**. v.31, n.4, p.717-730, 2007.

CARVALHO, F.A, NASCIMENTO, M.T. E OLIVEIRA-FILHO, A. T. Composição, riqueza e heterogeneidade da flora arbórea da bacia do rio São João, RJ, Brasil. **Acta bot. bras.** 22(4): 929-940. 2008.

CHOAT B.; SACK L.; HOLBROOK M. Diversity of hydraulic traits in nine *Cordia* species growing in tropical forests with contrasting precipitation. **New Phytologist** 175 : 686–698. 2007

CONAMA (Brasil). Resolução n. 06, de 04 de Maio de 1994. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 maio 1994. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res94/res0194.html>. Acesso em: dez. 2009.

DAVIS, E. G.; NAGHETTINI, M. C. **Estudos de chuvas intensas no Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 135 p. (Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro) 2001.

FARIAS D.; MARIANO-NETO E.; MARTINI A.M.Z.; MONTINGELLI J.V.O.R.; MATEUS R.; PACIENCIA B.; BAUMGARTEN J. Forest structure in a mosaic of rainforest sites: The effect of fragmentation and recovery after clear cut. **Forest Ecology and Management**. 257 2226–2234. 2009.

FERREIRA, B.R.C. **Comparação da estrutura de comunidade arbórea entre borda e interior de um fragmento de Mata Atlântica do Sul de Minas Gerais. Monografia** (TCC em Ciências Biológicas) pela Universidade Federal de Alfenas. Disponível em [http://www2.unifal-mg.edu.br/ecofrag/files/file/ALUNOS/B%20%20Barbara\\_TCC\\_portugues.pdf](http://www2.unifal-mg.edu.br/ecofrag/files/file/ALUNOS/B%20%20Barbara_TCC_portugues.pdf) Acesso em: 14 jun. 2009. 2007

GELDER, H.A., POORTER, L., STERCK, F.J. Wood mechanics, allometry and life-history variation in a tropical rainforest tree community. **New Phytol.** 171, 36. 2006.

GIVNISH, T.J. Plant stems: biomechanical adaptation for energy capture and influence on species distributions. In: Gartner, B.L. (ed.) **Plant stems: physiology and functional morphology**, pp. 3-49. Academic Press, San Diego, CA. 1995

GUEDES-BRUNI, R.R.; SILVA-NETO, S.J.; MORIM, M.P., MANTOVANI, W. Composição florística e estrutura de dossel em trecho de Floresta Ombrófila Densa Atlântica sobre morrote mamelonar na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguesia** 57: 429-442. 2006

HAIR JUNIOR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. New Jersey: Prentice Hall. 1995. Trad. Sant'Anna, A.S. & Chaves Neto, A. Porto Alegre, Bookman, . 593p. 2005.

HOLDRIDGE, L.R. **Ecologia basada en zonas de vida (ecological life zones)**. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 216 p. 1978

HORN, H. S. Twigs, Trees, and the Dynamics of Carbon in the Landscape. Pp. 199–220. In **Scaling in Biology**. J. H. Brown and G. B. West, eds. Santa Fe Institute and Oxford. University Press, Oxford, Great Britain. 2000.

IBIO. **A Bacia Guapi-Macacu. Material de apoio escolar para o ensino fundamental**. Ed. Instituto Bioatlântica. Rio de Janeiro. 72 p. Ilustrado. 2010.

IBGE. Área dos estabelecimentos em agropecuária. **Censo Agropecuário 2006 Preliminar** (disponível em [http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow .htm?1](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1)) - Acesso em 14/08/2009.

KURTZ, B.C.; ARAÚJO, D.S.D. 2000. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de Mata Atlântica na Estação Ecológica Estadual do Paraíso, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia** 51(78/115): 69-112. 2000

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: **ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas**. Universidade Gottingen. Eschborn. Alemanha. 343p., 1990

LAURANCE W.F.; NASCIMENTO H.E.M.; LAURANCE S.G.; ANDRADE A., EWERS R.M. Habitat Fragmentation, Variable Edge Effects, and the Landscape-Divergence Hypothesis. **PLoS ONE** 2.(10): e1017. (2007) doi:10.1371/journal.pone.0001017 .

LUMBRERAS, J.F.; CARVALHO FILHO, A.; CALDERANO FILHO, B; SANTOS, R.D. **Levantamento pedológico, vulnerabilidade e potencialidade ao uso das terras quadrículas de Silva Jardim e Rio das Ostras, Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2001. (Embrapa Solos, Boletim de Pesquisa, 23) 221p.

LIMA, J.A.S; MANSUR, S.T.; UZÊDA, M.C.; PEREZ, D.V. **Associações entre Solo e Espécies Arbóreas na Vegetação Natural da Bacia Hidrográfica Guapi-Macacu**. In: Plano de Manejo APA da Bacia do Rio Macacu. Ed. Instituto BioAtlântica. Rio de Janeiro. P. 118-135. 2009.

MARTINEZ, A.J.; LÓPEZ-PORTILLO, J. Allometry of *Prosopis glandulosa* var. *torreyana* along a topographic gradient in the Chihuahuan desert. **J. Veg. Sci.** 14, 111–120. 2003.

MIYAMOTO K.; RAHAJOE J.S.; KOHYAMA T. Forest Structure and Primary Productivity in a Bornean Heath Forest **Biotropica**. 39(1): 35–42 2007 10.1111/j.1744-7429.2006.00231.x

MONTGOMERY R.A; CHAZDON R.L. Forest structure, canopy architecture and light transmittance in tropical wet forests. **Ecology**, 82(10), 2001, pp. 2707–2718

MORENO, M. R.; NASCIMENTO, M. T.; KURTZ, B. C. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais na Mata Atlântica de encosta da região do Imbé, RJ. **Acta Botanica Brasilica**, v.17, n.3, p.371-386, 2003.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: Implications for conservation. **Trends Ecol. Evol.** 10: 58–62. 1995.

NASCIMENTO, H.E.M., LAURANCE, W.F. Biomass dynamics in Amazonian Forest fragments. **Ecol. Appl.** 14 (Suppl.), 127–138. 2004

NUNES, Y.R.F.; MENDONÇA, A.V.R.; BOTEZELLI, L.; MACHADO, E.L.M.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento de floresta semidecidual em Lavras, MG. **Acta Botanica Brasilica** 17 (2): 213-229. 2003.

OLIVEIRA FILHO A.T.; CARVALHO W.A.C.; MACHADO E.L.M.; HIGUCHI P.; APPOLINÁRIO V.; CASTRO G.C.; SILVA A.C.; SANTOS R.M.; BORGES L.F.; CORRÊA B.S.; ALVES J.M. Dinâmica da comunidade e populações arbóreas da borda e interior de um remanescente florestal na Serra da Mantiqueira, Minas Gerais, em um intervalo de cinco anos (1999-2004) **Revista Brasil. Bot.**, V.30, n.1, p.149-161, jan.-mar. 2007

OLIVEIRA FILHO, A.T.; SILVA A.F.; SOUZA A.L.; SANTOS F.A.M. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period. **Plant Ecology** 131:46-66. 1997.

OLIVEIRA M.A.; SANTOS A.M.M.; TABARELLI M. Profound impoverishment of the large-tree stand in a hyper-fragmented landscape of the Atlantic forest. **Forest Ecology and Management** Volume 256, Issue 11. Pages 1910-1917. 2008

RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais**, vol.32, folha SF. Rio de Janeiro/Vitória. Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro. 1982.

RIBEIRO, M.C., METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C., PONZONI, F.J., HIROTA, M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142: 1144-1156. 2009.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei nº 4.018 de 05 de Dezembro de 2002; **Cria a área de proteção ambiental da bacia do rio Macacu e determina providências para a defesa da qualidade da água**. D.O.E. 06 de dezembro de 2002

SAMPAIO, M.B. e GUARINO, E.S.G. Efeitos do pastoreio de bovinos na estrutura populacional de plantas em fragmentos de floresta ombrófila mista. **R. Árvore**. Viçosa-MG, v.31, n.6, p.1035-1046, 2007.

SAS INSTITUTE INC. **SAS OnlineDoc®**, Version 8. Cary, NC, 1999. 1 CD ROM.

SEGURA, G.; BALVANERA, P.; DURÁN, E.; PÉREZ, A. Tree community structure and stem mortality along a water availability gradient in a Mexican tropical dry forest. **Plant Ecol.** 169, 259–271. 2003.

SIMERJ. Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro. Secretaria de Ciência e Tecnologia. **Governo do Estado do Rio de Janeiro**. Disponível em <http://www.simerj.com/> Acesso em 07/06/2008.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes Florestais da Mata Atlântica: Período 2000 a 2005**. Eds Fundação SOS Mata Atlântica; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São Paulo. 2008. 157 p. (disponível em [www.matatlantica.org.br](http://www.matatlantica.org.br), acesso em 14/12/2008).

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2008-2010 dados parciais dos estados avaliados até maio de 2010** Eds Fundação SOS Mata Atlântica; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São Paulo. 2010. 60 p. (disponível em <http://mapas.sosma.org.br/> acesso em 12/08/2010).

VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. **Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal**. IBGE, Rio de Janeiro. 1991.

ZHANG L.; BI H.; CHENG P.; DAVIS C.J. Modeling spatial variation in tree diameter–height relationships **Forest Ecology and Management** 189: 317–329. 2004.



**Embrapa**

---

***Solos***