

**Estimativas da biomassa acima do solo de
florestas secundárias da Área de Proteção
Ambiental rio Macacu (RJ)**



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 163

**Estimativas da biomassa acima
do solo de florestas secundárias
da área de Proteção Ambiental
Rio Macacu (RJ)**

Jorge Araújo de Sousa Lima

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

E-mail (sac): 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

Normalização bibliográfica: Ricardo Arcanjo de Lima

Revisão de texto: André Luiz da Silva Lopes

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).

L732e Lima, Jorge Araújo de Sousa Lima.

Estimativas da biomassa acima do solo de florestas secundárias da área de proteção ambiental rio Macacu (RJ) / Jorge Araújo de Sousa Lima. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2010.

28 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 163).

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. Biomassa. 2. Estrutura florestal. 3. Alometria. 4. Mata Atlântica I. Título. II. Série.

CDD (21.ed.) 634.9

© Embrapa 2010

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e métodos	12
• Área de estudo	12
• Amostragem e análise de dados	13
Resultados e discussões	16
Conclusão	22
Agradecimentos	22
Referências bibliográficas	23

Estimativas da biomassa acima do solo de florestas secundárias da área de Proteção Ambiental Rio Macacu (RJ)

Jorge Araújo de Sousa Lima¹

Resumo

A importância estratégica da manutenção dos estoques terrestres de carbono ante o aumento da concentração de gases de efeito estufa tem incentivado quantificações da biomassa florestal como indicador de políticas públicas de conservação e recuperação de ecossistemas em todas as latitudes. Tendo em vista que a biomassa florestal acima do solo (BMAS), quando estimada com uso de equações alométricas, integra dados de área basal, densidade e altura das árvores, gera um dado quantitativo relacionado ao estado atual dos fragmentos florestais, o que é particularmente interessante na Área de Proteção Ambiental (APA) da Bacia do Rio Macacu, localizada a leste da baía de Guanabara (RJ). Nesta área vivem atualmente cerca de 106.341 habitantes, cujo o abastecimento hídrico exige estratégias eficazes de monitoramento e conservação de remanescente florestais ante o expressivo crescimento urbano que se espera dada a implantação de grande projeto industrial em município vizinho. O objetivo do presente estudo é contribuir com estimativas de BMAS de um conjunto de fragmentos florestais, utilizando-se de equações alométricas. Os resultados indicam valores médios entre cerca de 36 a 199 Mg de BMAS.ha⁻¹, refletindo diferentes estruturas, estádios sucessionais e graus de perturbação. Os valores encontrados são próximos a de outros estudos das regiões de origem das equações alométricas utilizadas.

Palavras-chave: Mata Atlântica, biomassa, alometria, estrutura florestal.

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

Biomass estimations for secondary forests from the environmental protection area of macacu river (state of Rio de Janeiro)

Abstract

The strategic importance of terrestrial carbon stocks ante increasing concentration of atmospheric greenhouse gases has lead to use biomass estimations as environmental indicator for policies of ecosystems conservation and reclamation along all latitudes. As aboveground biomass (ABVG) of forests integrate parameters of basal area, density and height of trees, it becomes an indicator of forest actual state. Forest monitoring are specially important for Rio Macacu basin (metropolitan area of Rio de Janeiro City - Brazilian Southeastern) in order to protect hidric resources, ensuring water supply to 106,341 inhabitants in an area where significant industrial and urban projects are being implanted. The objective of this study is to report ABVG estimations for a set of forest fragments through calculations made with allometric equations. Results obtained (around 39 – 199 Mg.ha⁻¹) reflect different structures sizes, sucessional states and perturbation degrees. The ABVG estimations obtained are close to values of other studies from the original region of the allometric equations utilized.

Keywords: Atlantic Forest, biomass, allometry, forest structure.

Introdução

Políticas públicas nacionais e internacionais para a conservação e recuperação de ecossistemas promoveram a redução das taxas anuais globais de desmatamento entre 1990 e 2010 de 0,20 a 0,14% em relação ao total de área florestada (Brasil 0,51 a 0,42%) (MARRIS 2010; FAO, 2010). Mesmo assim a taxa de eliminação de florestas em todo o mundo alcançou cerca de 13.000.000 ha.ano⁻¹ o que contribui com cerca de 18% das emissões anuais de carbono, incentivando quantificações da biomassa florestal em todas as latitudes para o controle dos estoques terrestres deste elemento (KEITH et al., 2009).

A redução de área florestada impacta a biomassa dos remanescentes porque normalmente ocorre por via da fragmentação, formando ilhas de vegetação mais expostas aos ventos e à incidência lateral de radiação solar causando alterações de composição e estrutura arbórea (LAURANCE et al., 2007). A ação antrópica amplifica esses efeitos, abrindo o dossel através da frequente extração seletiva de madeira o que aumenta a iluminação interna da mata, favorecendo o estabelecimento de espécies de rápido crescimento cuja madeira tem menor densidade (SANTIAGO et al., 2004).

Como a quantificação da biomassa florestal de máxima precisão é feita por métodos diretos (CAIRNS et al., 1997) e havendo restrições culturais e legais para o abate de árvores, se utilizam equações alométricas disponíveis na literatura (CHAVE et al., 2005; VIEIRA et al., 2008), sendo o modelo mais comum: $M = aD^b$ onde M é a biomassa em peso seco, D é o diâmetro do tronco, enquanto a e b são coeficientes relacionados à forma da espécie (ZIANIS; MECUCCINI, 2004).

Problemas comuns à alometria segundo Niklas (1994) são o viés dependente do tamanho de amostra, *outliers* e as constantes de proporcionalidade, pois desvios de natureza genéticos ou ambientais, embora relativamente raros, podem alterar padrões de forma e afetar predições já que dependem diretamente da relação entre a variável diâmetro à 1,30 m (DAP) e o tamanho geral do indivíduo.

Há quantificações de biomassa na Amazônia e em outros pontos do continente americano (Tabela 1), mas na Mata Atlântica são poucas, tendo-se disponíveis as de Drummond (1996) e Lima et al. (2006) em Minas Gerais, Tiepolo et al. (2002) no Paraná, Rolim et al. (2005) no Espírito Santo, além de Burger (2005) e Alves et al. (2010) em São Paulo. Tiepolo et al. (2002), Burger (2005) e Lima et al. (2006) utilizaram métodos destrutivos, os demais vale-ram-se de equações alométricas como aqueles citados na Tabela 1.

Tabela 1- Área basal ($m^2 \cdot ha^{-1}$) e estimativas de biomassa acima do solo por alometria de florestas secundárias em zonas tropicais.

Local	AB	Biomassa	Autor
Rondônia (Amazônia Oc.)	10,1	36 – 100	Alves et al. (1997)
Rondônia (Amazônia Oc.)	14,3	62 – 142	Alves et al. (1997)
Rondônia (Amazônia Oc.)	18,7	70 – 190	Alves et al. (1997)
São Paulo (Mata Atlântica)	19,0	45 – 85	Burger (2005) ¹
México	23,0	70 – 140	Urquiza-Haas et al. (2007)
Costa Rica	26,7	148	Clark e Clark (2000)
Rondônia (Amazônia Oc.)	27,7	143-75	Alves et al. (1997)
São Paulo (Mata Atlântica)	28,8	120 – 161	Burger (2005) ¹
México	30,4	190	Urquiza-Haas et al., (2007)
São Paulo (Mata Atlântica)	38,2	193 – 282	Burger ²

Entre os principais serviços ambientais que as florestas oferecem além do sequestro de C na biomassa, podem ser apontados o abrigo à biodiversidade, a conservação do solo e, em especial, a proteção aos recursos hídricos (MARRIS, 2010). Nesse contexto, a Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Macacu (APA Rio Macacu) foi criada à leste da baía da Guanabara pela Lei nº 4.018 de 05 de dezembro de 2002 (RIO DE JANEIRO, 2002) visando “influenciar de maneira positiva a gestão do uso do solo, protegendo os recursos hídricos, através da limitação da extração de areia e de outras atividades danosas aos recursos hídricos”.

Na área da APA Rio Macacu (Figura 1) vivem atualmente cerca de 106.341 habitantes, portanto estratégias eficazes de conservação de recursos hídricos são indispensáveis para o abastecimento público e funcionamento dos ecossistemas ante os impactantes empreendimentos em implantação no

¹ Alometria determinada localmente por método destrutivo.

² Informação pessoal.

entorno (ANTUNES et al., 2009): complexo petroquímico, linha de gasoduto, Arco Rodoviário e a barragem no rio Guapiaçu pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos. Nesse quadro a organização não governamental Instituto Bioatlântica (IBIO), em conjunto com universidades e órgãos de pesquisa, incentivou várias pesquisas, como o presente estudo, visando a elaboração de um plano de manejo (INSTITUTO BIOATLÂNTICA, 2009).

Tendo em vista que a biomassa florestal acima do solo (BMAS) integra área basal, densidade e altura das árvores, esta se constitui em útil indicador do estado atual dos fragmentos florestais que recobrem os inúmeros morrotes que caracterizam o relevo da APA Rio Macacu (CABRAL; FISZON, 2004). Desse modo sua quantificação e fatores envolvidos ajudam a descrever um ecossistema funcionalmente importante em diversas paisagens do território fluminense. Portanto, o objetivo do presente estudo é contribuir com dados estruturais e estimativas de BMAS de um conjunto de fragmentos florestais da APA Rio Macacu utilizando equações alométricas.

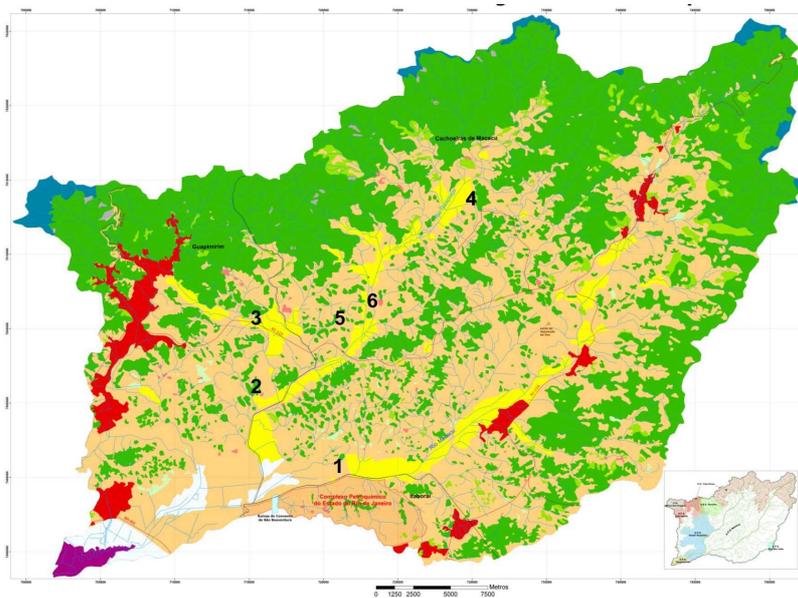


Figura 1- Localização e identificação dos fragmentos: 1 – Colégio; 2 – Consorciadas; 3 – Três Morros; 4 – Régua; 5 – Serra Queimada; 6 – Coco Duro; BH Guapiaçu – Macacu. Extraído de Instituto Bioatlântica (2009).

Material e métodos

Área de estudo

A APA Rio Macacu (RIO DE JANEIRO, 2002) é uma unidade de conservação localizada a leste da baía de Guanabara, sendo parte da Zona Metropolitana do Rio de Janeiro, englobando respectivamente, 95%, 90% e 12% das áreas dos municípios de Guapimirim, Cachoeiras de Macacu e Itaboraí (IBIO, 2009), que apresentam superfície relativa de florestas naturais de 43%, 34% e 6% (SOS MATA ATLÂNTICA, 2008). A paisagem original apresentava um contínuo florestal desde a serra do Mar que foi fragmentado (Figura 1) progressivamente nas menores cotas pelo uso urbano, agropecuário, industrial e de lazer (CABRAL; FISZON, 2004). O presente estudo restringiu-se basicamente às colinas que caracterizam o relevo local nas áreas onde está confinada a maior parte da vegetação natural nas áreas de produção agropecuária. 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 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⁻¹ concentrada entre setembro e abril e estiagem moderada de maio a agosto. A temperatura média mensal varia de 19 a 26°C (SIMERJ, 2009). A geologia é dominada por rochas de composição granito-gnáissica do Pré-Cambriano (RADAMBRASIL, 1982), 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 (CARVALHO FILHO et al., 2003).

Amostragem e análise de dados

Foram selecionados seis fragmentos florestais (Tabela 2) de propriedades dedicadas à agropecuária entre aqueles incluídos em projetos de pesquisa para desenvolvimento do Plano de Manejo da APA Rio Macacu (INSTITUTO BIOATLÂNTICA, 2009). As respectivas denominações foram referentes aos nomes pelos quais são conhecidos na zona ou pelo primeiro nome do proprietário.

Após inspeção visual, verificaram-se diferenças de degradação optando-se por aqueles fragmentos em melhor estado por 03 parcelas (Três Morros, Coco Duro e Colégio) e 04 parcelas nos demais (Serra Queimada, Consorciadas e Régua). As parcelas (50 x 10 m) totalizaram entre 1.500 e 2.000 m², conforme Steininger et al.(2000) em florestas secundárias da amazônia. Foram distribuídas de forma a cobrir a variabilidade do terreno, distando pelo menos 50 m das bordas.

No interior de todas as parcelas mensuraram-se o DAP (diâmetro à 1,30 m) com fita centimétrica e altura total da árvore ($DAP \geq 10$ cm) com ajuda de vara telescópica de 09 m de altura, sendo içada até 18 m. Acima desta altura, fez-se estimativa por comparação visual.

O fragmento foi representado pela médias das parcelas quanto a densidade, área basal, altura total de árvore e BMAS com os respectivos desvios padrão. As comparações de médias entre fragmentos ou equações foram efetuadas por meio do teste de Duncan a partir da análise de variância sob delineamento inteiramente casualizado, tomando-se as parcelas como repetições.

Utilizaram-se equações alométricas desenvolvidas em florestas secundárias de Mata Atlântica e da Amazônia sob clima úmido (> 1.600 mm. ano⁻¹) e coeficiente de regressão (R^2) acima de 0,90 (Tabela 3). as palmeiras não foram incluídas porque não tomaram parte no desenvolvimento das equações utilizadas (NELSON et al., 1999; BURGER, 2005; BURGER; DELITTI, 2008).

A normalidade dos dados de biomassa foi avaliada pelo exame da variância de Shapiro e Wilk (1965) de acordo com SAS Institute (1999). Verificou-se a necessidade de melhorar a distribuição dos dados, Para o que procedeu-se a transformação pelo logaritmo natural. Entretanto os valores apresentados em tabelas e gráficos não estão transformados.

Tabela 2. Localização, área e médias de altura de árvore, área basal e densidade de árvores dos fragmentos florestais da APA Rio Macacu. DAP \geq 10 cm. Desvios padrão entre parênteses.

<p style="text-align: center;">COLÉGIO</p> <p>22°37'23.07"S; 42°52'24.79"O</p> <p>Área 16 ha</p> <p>Altura média 9,95 m (0,4)</p> <p>DAP máxima 53,5 cm</p> <p>Área basal 14,5 m².ha⁻¹(1,5)</p> <p>Densidade 473 ha⁻¹ (99)</p>	<p>Sucessão inicial/intermediária. Apresenta várias clareiras grandes evidenciando degradação. Embora sem sinais de entrada recente de fogo, há muitas clareiras e a presença significativa de bambus, cipós, <i>Cecropiaceae</i> e Iri (<i>Astrocarium aculeatissimum</i> - <i>Arecaceae</i>)</p>	
<p style="text-align: center;">SERRA QUEIMADA</p> <p>22°32'34.94"S; 42°50'15.02"O</p> <p>Área 15 ha</p> <p>Altura média 8,95 m (1,0)</p> <p>DAP máxima 49,5 cm</p> <p>Área basal 16,1 m².ha⁻¹ (3,2)</p> <p>Densidade 575 ha⁻¹ (164)</p>	<p>Sucessão inicial/intermediária. Altamente degradada. Apresenta várias clareiras grandes com sinais de entrada recente de fogo, presença significativa de gramíneas (herbáceas e bambus), <i>Cecropiaceae</i> e Iri (<i>Astrocarium aculeatissimum</i> - <i>Arecaceae</i>)</p>	
<p style="text-align: center;">COCO DURO</p> <p>22°32'17.62"S; 42°49'49.87"O</p> <p>Área 17 ha</p> <p>Altura média 11,7 m (0,3)</p> <p>DAP máxima 49,0 cm</p> <p>Área basal 22,9 m².ha⁻¹ (3,5)</p> <p>Densidade 600 ha⁻¹ (40)</p>	<p>Sucessão intermediária – degradado somente nas bordas, mas em regeneração avançada no interior sem sinais agudos de degradação embora com eventuais clareiras</p>	

CONSORCIADAS

22°33'14.26"S; 42°54'06.54W

Área 54 ha
Altura média 11,5 m (1,2)
DAP máxima 91,2 cm
Área Basal 29,8 ha⁻¹ (14,9)
Densidade 745 ha⁻¹ (162)

Sucessão intermediária / avançada – degradado somente nas bordas (pastejo bovino sobre mudas). Em regeneração avançada no interior sem sinais extensos de degradação, mas há várias clareiras com cipós.



RÉGUA

22°27'51.44"S; 42°45'34.29"O

Área 120 ha
Altura média 12,1 m (0,45)
DAP máxima 81,5 cm
Área basal 35,5 m².ha⁻¹ (9,0)
Densidade 800 ha⁻¹ (204)

Sucessão intermediária / avançada. Sinais de extração de madeira e saque de varas. A estrutura é heterogênea de pesada a leve com várias clareiras. Presença de bananais nas margens de curso d'água. Pastos e agricultura (milho) no entorno.



TRÊS MORROS

22°32'9.59"S; 42°54'34.32"O

Área 79 ha
Altura média 11,7 m (0,3)
DAP máxima 61,8 cm
Área basal 36,3 m². ha⁻¹ (5,9)
Densidade 780 ha⁻¹ (72)

Sucessão avançada. Possivelmente um fragmento original. Sinais de extração de madeira e saque de varas. O estado de conservação é satisfatório. Agricultura intensiva em todo o entorno (mandioca, hortaliças e fruticultura).



Tabela 3. Equações alométricas utilizadas.

Equação	R ²	Origem	Autor	Identificação
$\text{LnPS} = -2,52 + 2,14\text{LnD} + 0,46\text{LnH}$	0,99	Amazônia Ocidental (Rondônia)	Nelson et al., (1999)	NELSON_DH
$\text{LnPS} = -6,72 + 1,30\text{LnD}^2\text{H}$	0,93	M. Atlântica (São Paulo)	Burger (2005)	BURGER_DH
$\text{LnPS} = -3,07 + 2,52\text{LnD}^2$	0,91	M. Atlântica (São Paulo)	Burger e Delitti (2008)	BURGER_D

PS = Peso Seco; D = DAP; H = altura total da árvore.

Resultados e discussão

As estimativas de BMAS geradas pelas diferentes equações refletiram com relativa uniformidade o menor porte dos fragmentos SERRA QUEIMADA e COLÉGIO (Tabela 2), gerando valores de BMAS significativamente inferiores aos demais (Tabela 4). Houve um contraste apenas em relação a estimativa de COCO DURO efetuada com a equação BURGER_D, que o igualou estatisticamente aos demais fragmentos.

Tabela 4 - Comparações de médias das estimativas de biomassa arbórea acima do solo ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) entre fragmentos florestais da APA Rio Macacu.

FRAG	Equação		
	NELSON_DH	BURGER_DH	BURGER_D
REGUA	199 (49) A a	146 (36) A a	132 (42) A a
3MORROS	195 (27) A a	137 (35) A a	132 (30) A a
CONSORCIADAS	164 (86) A a	121 (87) A a	110 (64) A a
COCO DURO	122 (21) A a	80 (21) A b	76 (16) AB b
SQUEIMADA	72 (17) B a	34 (13) B b	51 (11) B ab
COLÉGIO	69 (09) B a	36 (08) B b	48 (09) B ab
Média geral	138 (27) a	93 (22) b	91 (23) b

Letras maiúsculas comparam fragmentos (sentido da coluna) e as minúsculas comparam equações (sentido da linha). Letras iguais representam a igualdade estatística (*Duncan p* = 0,95). Desvio padrão entre parênteses.

Na média geral, observou-se que a equação NELSON_DH gerou BMAS significativamente mais altas que as demais, o que pode ser devido a diferenças de composição e estrutura das florestas secundárias da Amazônia Ocidental, onde foi desenvolvida (NELSON et al., 1999). Nesse sentido os valores obtidos por essa equação estão dentro da faixa verificada para florestas secundárias daquele bioma (Tabelas 1 e 4).

As equações BURGER_DH e BURGER_D não apresentaram médias de BMAS estatisticamente diferentes embora esta não inclua a variável altura total da árvore (Tabela 3). Como foram desenvolvidas a partir de uma mesma amostra de indivíduos em área de Mata Atlântica (BURGER, 2005; BURGER; DELITTI, 2008), espera-se que apresentem resultados aproximados, ressaltando-se que geraram estimativas relativamente dentro da faixa de outros estudos da Mata Atlântica (Tabelas 1 e 4).

A seleção das equações para os cálculos que produzam BMAS próximas ao valor real constitui um problema para se estimar um valor que só se pode conhecer por métodos destrutivos (CAIRNS et al., 1997). Por isso o uso daquelas desenvolvidas em sítios com maior similaridade de condições, nem sempre disponíveis, são úteis para a predição aproximada, pois a elevada riqueza e diversidade de espécies arbóreas tropicais, regime climático, solo, topografia entre outros são fatores que limitam a representatividade das equações (LUGO; SCATENA, 1996).

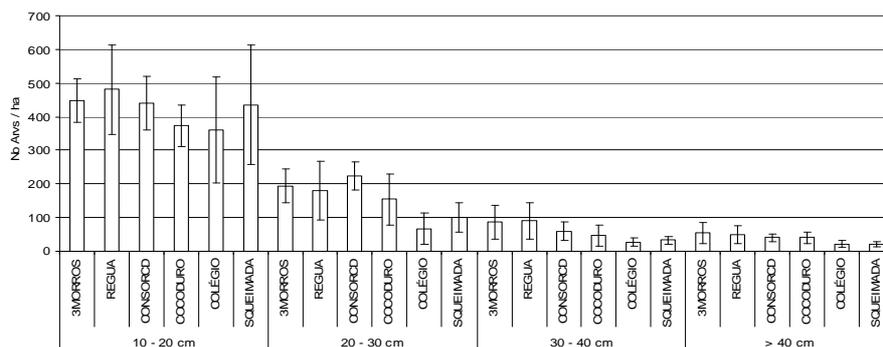


Figura 2 - Distribuição do número de árvores por classe diamétrica de fragmentos florestais da APA Rio Macacu. (Barras representam 01 desvio padrão para mais e para menos).

A BMAS de um fragmento florestal deriva da densidade de indivíduos das diversas classes diamétricas, que nos fragmentos estudados seguiu a tendência geral (LAMPRECHT, 1990) com os menores valores nas classes diamétricas maiores (Figura 2). Os fragmentos de estrutura mais desenvolvida (TRÊS MORROS e RÉGUA) tenderam a apresentar curvas menos abruptas, refletindo menores discontinuidades entre classes de tamanho conforme se espera de florestas mais maduras ou sob menor perturbação.

As curvas diamétricas obtidas nos fragmentos COLÉGIO, SERRA QUEIMADA e COCO DURO (Figura 2) se aproximam das observadas por Carvalho e Nascimento (2007) em Floresta Ombrófila Densa na Baixada Litorânea Fluminense e por Barros et al. (2006) em Floresta Ombrófila Montana de Friburgo (RJ). Esse padrão tende a ser acompanhado pela maior altura média das árvores nas maiores classes diamétricas (Figura 3). Entretanto nos fragmentos COLÉGIO e SERRA QUEIMADA, de estrutura menos desenvolvida, essa tendência não é tão nítida porque a baixa frequência de indivíduos com DAP acima de 40 cm reduziu substancialmente as médias de altura de árvore.

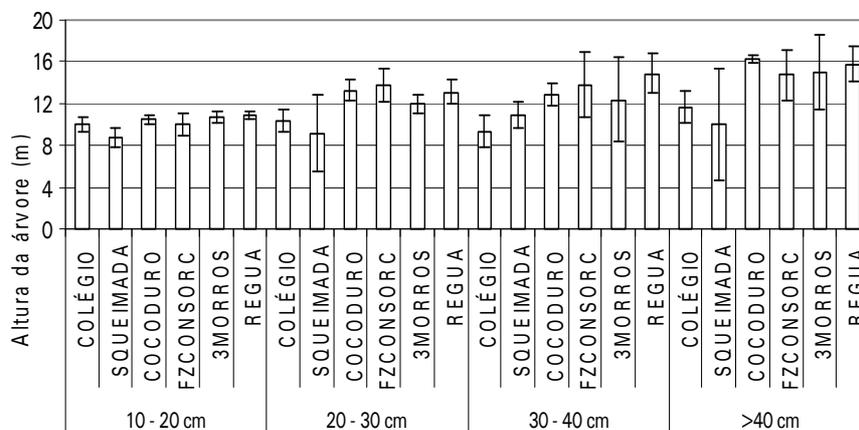


Figura 3 - Médias de altura total da árvore por classe diamétrica de florestas secundárias da APA Rio Macacu (Barras representam 1 desvio padrão para mais e para menos).

A altura das árvores é uma fonte importante de erro nas estimativas de BMAS porque em indivíduos de porte elevado, pequenas falhas na mensuração geram variações significativas conforme demonstrado por Vieira et al. (2008), o que pode acontecer com uso de instrumentos óticos (FOSTER BROWN et al., 1995). Esse aspecto é relevante devido a elevada contribuição (30% a 40%) das maiores classes diamétricas (DAP > 40 cm) na BMAS em florestas maduras tropicais (BROWN; LUGO; BROWN, 1992; CLARK; CLARK, 2000). A importância das grandes árvores (DAP e \geq 40 cm) no presente estudo também foi observada nos fragmentos de maior estrutura (TRÊS MORROS e RÉGUA) mas também em COCO DURO, que mesmo não tendo uma estrutura tão desenvolvida ($AB = 22,9 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$; Tabela 2) não apresenta descontinuidade de aumento da altura média da árvore entre classes diamétricas (Figuras 3 e 4).

Desse modo a densidade de indivíduos e altura média de cada classe diamétrica (Figuras 2 e 3) geram padrões estruturais que se refletem na sua contribuição relativa de BMAS (Figura 4). Nesse sentido, em COLÉGIO e SERRA QUEIMADA, pelo menos uma das menores classes diamétricas (10 – 20 cm ou 20 – 30 cm) contribuiu de forma equivalente a maior (> 40 cm), sugerindo o efeito de perturbação significativa. COCO DURO, TRÊS MORROS e RÉGUA houve tendência de crescimento da contribuição relativa a BMAS como resposta ao aumento da classe diamétrica (Figura 4), contudo em CONSORCIADAS a de 20 – 30 cm tendeu a dar a maior contribuição. A abrupta redução na de 30 – 40 cm sugere a ocorrência de perturbação determinante da supressão ou menor recrutamento de indivíduos desse porte.

Entre diferentes sítios podem ocorrer diferenças da razão DAP: altura da árvore por aclimatação ou adaptação às condições de solo e microclima, especialmente quando relacionadas ao estresse de água conforme observado na Ásia por Myamoto et al. (2007). Este autor observou que a razão DAP: altura da árvore em solo arenoso foi equivalente à metade daquelas obtidas em texturas mais pesadas. No mesmo sentido, Alves et al. (2010) apontam fatores de solo como a drenagem, textura e fertilidade a limitar a biomassa florestal em ecossistemas de solo mais arenoso conforme verificaram em áreas de restinga. Portanto, como as relações alométricas usualmente utiliza-

das se baseiam nas dimensões do tronco, o déficit hídrico pode se constituir em fator específico de cada sítio e assim influenciar significativamente as estimativas de BMAS.

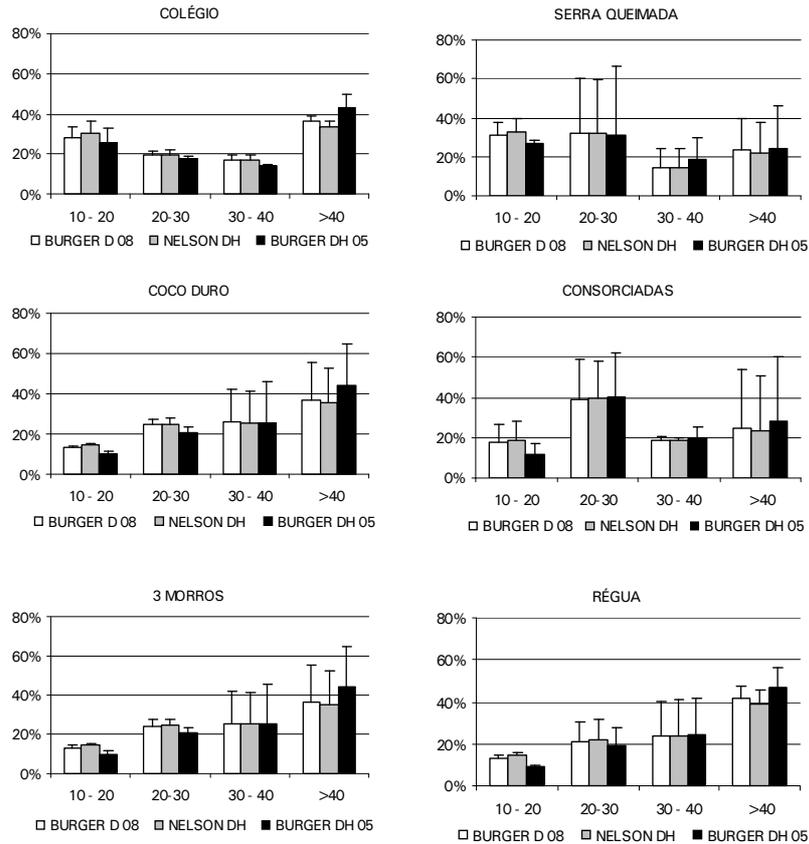


Figura 4 - Percentuais médios da biomassa arbórea da contribuição de cada classe diamétrica para a BMAS de florestas secundárias da APA Rio Macacu. (Barras representam 01 desvio padrão)

Saldarriaga et al. (1988) encontraram efeito significativo do estágio sucessional sobre a estimativa de BMAS, mas igualmente a posição topográfica (CLARK; CLARK, 2000), impactos humanos (LAURANCE et al., 2007) e a composição florística se somam ao efeito das diferentes equações alométricas (BAKER et al., 2004). Há também o viés causado pela transfor-

mação logarítmica, porque pequenas variações nos menores indivíduos podem afetar a curva de regressão linear, bem mais do que as grandes árvores (NELSON et al., 1999), portanto mesmo equações obtidas por método destrutivo na região de interesse podem gerar variações significativas entre florestas de mesmo porte.

A estratégia de utilizar equações por espécie também apresenta margem de erro porque indivíduos perfeitos representam uma fonte de superestimação, pois não se leva em conta a proporção de árvores quebradas ou com defeitos (CLARK; CLARK, 2000; CHAMBERS et al., 2001). Esses autores apontam ainda, diferentes relações entre DAP e altura da árvore ou densidade da madeira com viés causado por incorreta estimação do teor de umidade, diferentes metodologias de mensuração de árvores, falta de medições diretas de grandes árvores e a combinação de todos esses fatores.

Quanto às mensurações, pode-se incorrer em diversos tipos de erros desde a alocação da fita métrica genericamente acima das sapopemas de algumas grandes árvores (CLARK; CLARK, 2000). Esses autores encontraram variações de 100 Mg.ha⁻¹ em uma amostra de floresta tropical na Costa Rica como repercussão do erro de procedimentos, mas também das variações de densidade de indivíduos de acordo com a posição topográfica, causando variações de até 41 % nas estimativas, o que exige uma distribuição adequada de parcelas.

A rara validação de equações com indivíduos externos às bases de dados das equações foi apontada por Zianis e Mencuccini et al. (2004) como um fator a influenciar significativamente o desempenho de uma equação em outros sítios. Mas as principais fontes de erro decorrem de diferenças estruturais em relação às florestas de origem das equações mormente pela representatividade das grandes árvores em suas respectivas amostras (CHAVE et al., 2001; CAIRNS et al., 2003).

Um aspecto importante na APA Rio Macacu diz respeito ao processo de fragmentação florestal local (CABRAL; FISZON, 2004), pois as florestas generalizadamente classificadas como secundárias resultam basicamente de dois diferentes processos: (i) a sucessão ecológica após o abandono de culti-

vos e pastos e (ii) remanescentes originais que foram sendo isolados e degradados, facilitando o estabelecimento de espécies pioneiras em clareiras abertas pela extração de árvores ou por episódios de fogo. Portanto processos naturais se somam em maior ou menor grau aos diferentes impactos sobre composição florística, estrutura e conseqüentemente sobre a biomassa.

Ante o exposto, cabem reservas quanto aos valores de biomassa encontradas em termos absolutos (Tabela 4) porque as equações alométricas disponíveis não foram desenvolvidas localmente (NOGUEIRA et al., 2007). Entretanto as variações estatísticas detectadas entre os fragmentos refletem a impressão visual, especialmente ao se comparar SERRA QUEIMADA por seu alto grau de degradação e COLÉGIO devido seu estágio inicial / intermediário em relação aos demais fragmentos.

Conclusão

As estimativas médias de BMAS (92-93 a 146 Mg.ha⁻¹ ou 69 – 199 Mg.ha⁻¹) obtidas estão dentro da amplitude de variação de florestas secundárias com médias de área basal próximas aos valores obtidos nos biomas de origem das equações utilizadas.

Os fragmentos se distinguem pela distribuição diamétrica da densidade de indivíduos, pela altura média das árvores e pela contribuição relativa dos indivíduos de DAP \geq 40 cm que nos fragmentos de menor porte limita significativamente a biomassa arbórea.

Agradecimentos

Ao Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal pelo financiamento dos projetos Caminhos da Sustentabilidade (PDA) e Entre Serras e Águas (FNMA) que asseguraram os recursos para este estudo. À bióloga MSc Vanina Zini Antunes, da ONG – Instituto Bioatlântica (IBIO), pelo apoio logístico. À Coordenadora do Programa Serra do Mar do IBIO, Gabriela Viana, médica veterinária – MSc. Aos trabalhadores Sérgio Nunes Gonçalves, Anderson Vieira Francisco e Tiago de Oliveira Rosa, pela ajuda nos trabalhos de campo.

Referências Bibliográficas

ALVES, D. S.; SOARES, J. V.; AMARAL, S.; MELLO, E. M. K.; ALMEIDA, S. A. S.; SILVA, O. F.; SILVEIRA, A. M. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondônia, Western Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v. 3, p.451-461, 1997.

ALVES, L. F.; VIEIRA, S. A.; SCARANELLO, M. A. S.; CAMARGO, P. B.; SANTOS, F. A. M.; JOLY, C. A.; MARTINELLI, L. A. Forest structure and live aboveground biomass along an elevational gradient of tropical moist forest (Brazil). **Forest Ecology and Management**, v. 260, n. 5, p. 679-691, 2010.

ANTUNES, V. Z. Informações gerais sobre a APA do Rio Macacu. In: PLANO de manejo APA da bacia do Rio Macacu. Rio de Janeiro: Ed. Instituto BioAtlântica, 2009. p. 20-29.

BAKER, T. R.; PHILLIP, O. L. W.; MALHI, Y.; ALMEIDA, S.; ARROYO, L.; DIFIORE, A.; ERWIN, T.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, S.; LAURANCE, W.; LEWIS, S.; LLOYD, D.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D.; PATIÑO, S.; PITMAN, N. C. A.; SILVA, J. N. M.; MARTINEZ, R. V. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. **Global Change Biology**, v.10, p. 545–562, 2004.

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

BROWN, S.; LUGO, A. E. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. **Interciencia**, v. 17, n.1, p. 8 – 18, 1992.

BURGER, D. M.; DELITTI, W. B. C. Allometric models for estimating the phytomass of a secondary Atlantic Forest area of southeastern Brazil. **Brazil Biota Neotrop.**, v. 8, n. 4, Out./Dez. 2008.

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

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.

CAIRNS, M. A.; BROWN, S.; HELMER, E. H.; BAUMGARDNER, G. A. Root biomass allocation in the world's upland forests. **Oecologia**, n. 111, p. 1–11, 1997.

CARVALHO FILHO, A.; LUMBRERAS, J. F.; WITTERN, K. P.; LEMOS, A. L.; SANTOS, R. D.; CALDERANO FILHO, B.; MOTHCI, E. P.; ITURRI LARACH, J. O.; CONCEIÇÃO, M.; TAVARES, N. P.; SANTOS, H. G.; GOMES, J. B. V.; CALDERANO, S. B.; GONÇALVES, A. O.; MARTORANO, L. G.; SANTOS, L. C. O.; BARRETO, W. O.; CLAESSEN, M. E. C.; PAULA, J. L.; SOUZA, J. L. R.; LIMA, T. C.; ANTONELLO, L. L.; LIMA, P. C.; OLIVEIRA, R. P. de; AGLIO, M. L. D. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos: 2003. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 32).

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.

CHAMBERS, J. Q.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; HIGUCHI, N. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. **Forest Ecology and Management**. v. 152, p. 73-84. 2001.

CHAVE, J.; ANDALO, C.; BROWN, S.; CAIRNS, M. A.; CHAMBERS, J. Q.; EAMUS, D.; FOLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, T.; LESCURE J. P.; NELSON OGAWA H.; PUIG, H.; RIERA B.; YAMAKURA, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, v. 145, p. 87–99, 2005.

CHAVE, J.; RIÈRA, B.; DUBOIS, M. A. Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability. **J Trop Ecol**, v. 17, p. 79–96, 2001.

CLARK, D. B.; CLARK, D. A. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 137, p. 185-198, 2000.

DRUMOND, M. A. **Alterações fitossociológicas e edáficas decorrentes de modificações da cobertura vegetal na Mata Atlântica, Região do Médio Rio Doce, MG.** 76 f. 1996. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FAO. **Global Forest Resources Assessment.** Rome: FAO, 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/>>. Acesso em: 10 dez. 2010.

FOSTER BROWN, I.; MARTINELLI, L. A.; WAYT THOMAS, W.; MOREIRA, M. Z.; CID FERREIRA, C. A.; VICTÓRIA, R. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondônia. **Forest Ecology and Management**, v. 75, p.175-189, 1995.

INSTITUTO BIOATLÂNTICA. **Plano de Manejo APA da Bacia do Rio Macacu.** Rio de Janeiro: Ed. Instituto BioAtlântica, 2009. 311p.

KEITH H.; MACKEY B. G.; LINDENMAYER D. B. Re-evaluation of forest biomass carbon stocks and lessons from the world's most carbon-dense forests. **PNAS**, v. 106, n. 28, p. 11635-11640, 2009.

KURTZ, B. C.; ARAÚJO, D. S. D. 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**, v. 51, n. 78, p. 69-112, 2000.

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

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**, v. 2, n. 10, 2007. doi:10.1371/journal.pone.0001017.

LIMA, J. A. S.; KINDEL, A.; CARMO, C. A. F. S.; MOTTA, P. E. F. Composição, estrutura e biomassa de fragmentos florestais. In: CARMO, C. A. F. S. (Ed.). **Seqüestro de carbono**: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural. Viçosa: Epamig; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

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. Rio de Janeiro: Ed. Instituto BioAtlântica, 2009. p. 118-135, 2009.

LUGO, A. E.; SCATENA, F. N. Background and catastrophic tree mortality in tropical moist, wet, and rain forest. **Biotropica**, v. 28, p. 585-599, 1996.

LUGO, A. E.; BROWN, S. Tropical forests as sinks of atmospheric carbon. **Forest Ecology and Management**, v. 72. p. 475-493, 1992.

MARRIS, E. Un body will assess ecosystems and biodiversity: nations agree on way to keep watch on Earth's health. **Nature**, v. 465, p. 859-871, 2010. doi:10.1038/465859a

MIYAMOTO K.; RAHAJOE J. S.; KOHYAMA T. Forest structure and primary productivity in a Bornean Heath Forest. **Biotropica**, v. 39, n. 1, p. 35-42, 2007. Doi 10.1111/j.1744-7429.2006.00231.x

NELSON, B. W.; MESQUITA, R.; PEREIRA, J. L. G.; SOUZA, S. G. A.; BATISTA, G. T.; COUTO, L. B. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 117, p. 149-167, 1999.

NIKLAS, K. J. **Plant allometry**: the scaling of form and process. Chicago: University of Chicago Press, 1994.

NOGUEIRA, E. M.; FEARNside, P. M.; NELSON, B. W.; FRANÇA; M. B. Wood density in forests of Brazil's 'arc of deforestation': Implications for biomass and flux of carbon from land-use change in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 248, p. 119-135, 2007.

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

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. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Poder Executivo, Rio de Janeiro, RJ, 06 de Dezembro de 2002.

ROLIM S. G.; JESUS, R. M.; NASCIMENTO, H. E. M.; COUTO, H. T. Z.; CHAMBERS, J. Q. Biomass change in an Atlantic tropical moist forest: the ENSO effect in permanent sample plots over a 22-year period, **Oecologia**, v. 142, n. 2, p. 238 – 246, 2005.

SALDARRIAGA, J. G.; WEST, D. C.; THARP, M. L.; UHL, C. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. **Journal of Ecology**, v. 76, p. 938-958, 1988.

SANTIAGO, L. S.; KITAJIMA, K.; WRIGHT, S. J.; MULKEY S. S. Coordinated changes in photosynthesis, water relations and leaf nutritional traits of canopy trees along a precipitation gradient in lowland tropical forest. **Oecologia**, v. 139, p. 495–502, 2004.

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

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika**, v. 52, p. 591 – 611, 1965.

SIMERJ. **Governo do Estado do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://www.simerj.com/> Acesso >. Acesso em: 07 jun. 2008.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes Florestais da Mata Atlântica: Período 2000 a 2005**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica; São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008. 157 p. Disponível em: <www.matatlantica.org.br>. Acesso em: 14 dez. 2008.

STEININGER M.K. **Satellite estimation of tropical secondary forest above-ground biomass: data from Brazil and Bolivia.** *International Journal of Remote Sensing*, 21, 1139–1157. 2000.

TIEPOLO, G.; CALMON, M.; FERETTI, A. R. Measuring and monitoring carbon stocks at the guaraqueçaba climate action project, Paraná, Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST CARBON SEQUESTRATION AND MONITORING, 2002. Taiwan. **Anais...** Taiwan: Taiwan Forestry Research Institute, 2002. p. 98-115.

URQUIZA-HAAS, T.; DOLMAN, M.; PERES, C. A. Regional scale variation in forest structure and biomass in the Yucatan Peninsula, Mexico: Effects of forest disturbance. **Forest Ecology and Management**, v. 247, p. 80-90, 2007.

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.