



Colaboradores:



INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS  
Série técnica - volume 1

QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA NA FLORESTA  
ESTADUAL DO AMAPÁ: ALOMETRIA E ESTIMATIVAS  
DE ESTOQUE DE CARBONO



**GOVERNO DO ESTADO DO AMAPÁ**

**CARLOS CAMILO GÓES CAPIBERIBE**

Governador do Estado do Amapá

**DORALICE NASCIMENTO DE SOUZA**

Vice-Governadora do Estado do Amapá

**PAULO ROBERTO NUNES**

Secretário de Estado de Desenvolvimento Rural

**ANA MARGARIDA CASTRO EULER**

Diretora-Presidente do IEF

**GIOVANI MUSIAL**

Chefia de Gabinete do IEF

**MARCOS RENATO DANTAS DE ALMEIDA**

Coordenador de Acesso a Recursos Florestais do IEF

**LANA PATRICIA SANTOS DE OLIVEIRA**

Gerente do Núcleo de Serviços Ambientais do IEF



**GOVERNO DO ESTADO DO AMAPÁ**  
**SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO RURAL**  
**INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS DO AMAPÁ**

## QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA NA FLORESTA ESTADUAL DO AMAPÁ: ALOMETRIA E ESTIMATIVAS DE ESTOQUE DE CARBONO

Lana Patricia Santos de Oliveira – IEF/AP  
Eleneide Doff Sotta – Embrapa Amapá  
Niro Higuchi – Inpa

Macapá, maio de 2012.

Equipe técnica: Adriano José Nogueira Lima, Christiane Machado, Danusa da Silveira Machado, Eleneide Doff Sotta, Gersuliano Pinto, Helen Mariana Raiol, Heidi Costa, Irineide Cruz, João da Cunha Mourão Neto, Joaquim dos Santos, Lana Patricia Santos de Oliveira, Marcelo Carim, Marcos Renato Dantas de Almeida, Maria de Jesus Varejão, Niro Higuchi, Pablo Cantuária, Pedro Américo Tavares da Silva Junior, Raul José Londero, Renan Guimarães, Sérgio Rodrigues e Waldizett Nascimento Torres.

Instituições colaboradoras: Inpa, Embrapa Amapá e Iepa

Fotos: Danusa da Silveira Machado

Elaboração dos mapas: Marcos Renato Dantas de Almeida

Revisão técnica do documento: Ana Margarida Castro Euler

Revisão gramatical: Gláucia Guimarães Salles Barreto

#### Ficha Catalográfica

IEF. Quantificação da Biomassa na Floresta Estadual do Amapá: Alometria e Estimativas de Estoque de Carbono. 1º Edição. (Instituto Estadual de Florestas do Amapá-IEF. Série Técnica). 51p. 2012.

Órgão Executor  
INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS DO AMAPÁ – IEF/AP  
Av. Procópio Rola, 90 - Centro  
CEP - 68.900-081 - Macapá - Amapá - Brasil  
Fax/Fone: (0xx96) 3131-2650/(0xx96) 3131-2655  
[www.ief.ap.gov.br](http://www.ief.ap.gov.br)

#### SIGLAS e ABREVIATURAS

CPPF	Centro de Pesquisas em Produtos Florestais
DAP	Diâmetro a Altura do Peito
DP	Desvio Padrão
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
Flota	Floresta Estadual
FTFDBP	Floresta de Terra Firme Densa de Baixos Platôs
FTFDSm	Floresta de Terra Firme Densa Submontana
GEE	Gases do Efeito Estufa
IEF/AP	Instituto Estadual de Florestas do Amapá
IC	Intervalo de Confiança
Iepa	Instituto Estadual de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá
Inam	Instituto Natureza Amazônica
Inpa	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Inpe	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
MPEG	Museu Paraense Emílio Goeldi
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PIB	Produto Interno Bruto
Pnuma	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
REDD	Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal
REDD+	Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação, Conservação, Manejo Sustentável das Florestas e Aumento dos Estoques de Carbono
SAD	Sistema de Alerta de Desmatamento
Sema	Secretaria Estadual de Meio Ambiente

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Flota do Amapá.....	12
Figura 2. Localização dos pontos de coleta de dados no módulo II da Flota do Amapá; Abaixo, a localização da Flota.....	13
Figura 3. Caracterização da vegetação do módulo II da Flota do Amapá.....	14
Figura 4. a) Aspecto da vegetação das parcelas fixas de 10 x 10 m com todas as categorias de biomassa; e b) Distribuição das 10 unidades amostrais.....	16
Figura 5. Exemplo da disposição e foto demonstrativa das subparcelas para a coleta de serrapilheira.....	17
Figura 6. a) Derrubada de árvores inventariadas; e b) Coleta de material botânico para identificação.....	17
Figura 7. Esquema do método de coleta de material de forma destrutiva para árvores com DAP = 5 cm.....	18
Figura 8. a) Pesagem direta dos troncos; e b) Pesagem indireta de folhas.....	18
Figura 9. a) Escavação da parcela; e b) Retirada de raízes das árvores inventariadas.....	19
Figura 10. a) Amostras preparadas no campo para transporte ao laboratório no Iepa; e b) Amostras secas preparadas para moagem e análise de umidade.....	19
Figura 11. Amostras sendo pesadas em balança analítica.....	22
Figura 12. Contribuição (%) das palmeiras, cipós, mudas (árvores com DAP < 5cm) e árvores com DAP = 5cm para a biomassa viva acima do nível do solo na Flota do Amapá.....	28
Figura 13. Contribuição (%) das partes das árvores com DAP = 5 cm para a biomassa viva acima do nível do solo na Flota do Amapá.....	28
Figura 14. Distribuição de resíduos dos modelos de simples e dupla entrada de estimativa da biomassa total estudadas na Floresta Estadual do Amapá.....	31
Figura 15. Distribuição de resíduos dos modelos de simples e dupla entrada de estimativa da biomassa aérea estudados na Flota do Amapá.....	32
Figura 16. Distribuição de resíduos do modelo de simples entrada de estimativa da biomassa de raízes estudado na Flota do Amapá.....	32
Figura 17. Desvios (em relação ao eixo de 45°) da biomassa total observada e estimada pelos modelos estudados na Flota do Amapá.....	33
Figura 18. Desvios (em relação ao eixo de 45°) da biomassa aérea observada e estimada pelos modelos estudados na Flota do Amapá.....	34
Figura 19. Desvios (em relação ao eixo de 45°) da biomassa de raízes observada e estimada pelos modelos estudados na Flota do Amapá.....	34
Figura 20. Contribuição (%) das partes das árvores com DAP = 5cm para a biomassa viva acima do nível do solo na Flota do Amapá.....	37

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Áreas totais dos municípios, distribuição da Flota por município e percentual dos municípios ocupados pela Flota do Amapá.....	11
Tabela 2. Tamanho das unidades amostrais (parcelas) por níveis analisados.....	23
Tabela 3. Composição florística, número de indivíduos (N IND), valores de diâmetro a altura do peito (DAP), altura comercial (HC), altura total (HT) e diâmetro da copa (Ø COPA) nas 10 parcelas utilizadas para o inventário de biomassa na floresta densa de terra firme da Flota do Amapá.....	24
Tabela 4. Distribuição de frequência dos dados observados (n=106).....	26
Tabela 5. Estimativas (em kg) de biomassa de raízes (PR), parte acima do solo (PA), biomassa viva (V), biomassa morta (M) e biomassa total (T).....	26
Tabela 6. Contribuição (em %) da estimativa de biomassa viva (V) e morta (M) em relação ao total (viva + morta), nas parcelas fixas da floresta densa de terra firme da Flota do Amapá.....	27
Tabela 7. Média de estimativas (em kg/100 m <sup>2</sup> ) de biomassa das palmeiras (P), cipós (C), árvores com DAP < 5cm (mudas), árvores com DAP = 5cm, raízes das árvores com DAP = 5cm e raízes da parcela, nas parcelas fixas da floresta densa de terra firme na Flota do Amapá.....	27
Tabela 8. Valores máximos e mínimos das variáveis utilizadas para o ajuste das equações (n=106).....	29
Tabela 9. Coeficiente de regressão e de determinação (R <sub>aj</sub> <sup>2</sup> ), erro padrão de estimativa (S <sub>yx</sub> ) das equações estatísticas testadas para estimar a biomassa total (P) de árvores em pé.....	29
Tabela 10. Coeficiente de regressão e de determinação (R <sub>aj</sub> <sup>2</sup> ), erro padrão de estimativa (S <sub>yx</sub> ) das equações estatísticas testadas para estimar a biomassa aérea (PA) de árvores em pé.....	30
Tabela 11. Coeficiente de regressão e de determinação (R <sub>aj</sub> <sup>2</sup> ), erro padrão de estimativa (S <sub>yx</sub> ) das equações estatísticas testadas para estimar a biomassa de raízes (PR) de árvores em pé.....	30
Tabela 12. Equações selecionadas para estimar biomassa total, aérea e de raízes.....	30
Tabela 13. Distribuição de frequência das árvores inventariadas (n = 27.764).....	35
Tabela 14. Estimativas de biomassa fresca total (P), aérea (PA) e de raízes (PR) para a Flota do Amapá.....	36
Tabela 15. Estimativas (média ± IC 95%) e desvio padrão (DP) da biomassa total (P), aérea (PA) e de raízes (PR), em t/ha, para os módulos I, II, III e IV da Flota do Amapá.....	36
Tabela 16. Teor médio de umidade (média ± IC 95%), em %, de cada parte de uma árvore (ARV – árvore, T – tronco, GG – galho grosso, GF – galho fino, F – folhas, RG – raízes grossas e RF – raízes finas).....	37
Tabela 17. Estimativas de estoque de carbono total (t/ha ± IC 95%) para os módulos da Flota do Amapá.....	38
Tabela 18. Número de árvores amostradas, tempo de coleta e custos médios (média ± IC 95%) para a execução do inventário de biomassa em floresta ombrófila densa de terra firme na Flota do Amapá.....	39

## RESUMO

A determinação dos estoques de carbono das florestas é um dos temas principais de trabalhos que tratam sobre mudanças climáticas, tendo em vista que o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é um dos principais Gases do Efeito Estufa (GEE). As maiores fontes de emissão deste gás para a atmosfera são a queima de combustíveis fósseis (80%) e a conversão da floresta para uso agrícola (20%). O Estado do Amapá é privilegiado por sua vasta cobertura florestal (80%) em excelente estado de conservação. Para manter este status, necessita construir mecanismos para minimizar os impactos das crescentes pressões resultantes da implementação de projetos de assentamento, da exploração mineral e do asfaltamento de rodovias como a BR-156. Para o aproveitamento dos recursos florestais com bases sustentáveis o Governo do Estado do Amapá criou a Floresta Estadual do Amapá (Flota do Amapá). As questões que nortearam este trabalho estão intrinsecamente ligadas à busca por novas formas de promover a valoração e conservação dos ativos florestais do Amapá, tendo em vista os compromissos assumidos pelo governo brasileiro de reduzir suas emissões de GEE e contribuir para o processo de mitigação destes. Através da quantificação do carbono estocado na biomassa florestal da Flota do Amapá é possível dimensionar a importância desta floresta para o desenvolvimento do estado. Neste estudo, de forma inovadora, aplicou-se o método direto (destrutivo) para determinar a biomassa de um fragmento de floresta densa de terra firme da Flota do Amapá e ajustaram-se equações alométricas para estimar a biomassa aérea, de raízes e total desta tipologia florestal. Além disso, aplicou-se o método indireto para estimar a biomassa e o estoque de carbono da floresta. A área amostrada para o estudo está localizada no território do município de Porto Grande, no Amapá. Foram coletados o peso fresco da parte aérea e o peso fresco de raízes de árvores com DAP  $\geq 5$  (n = 106) em 10 parcelas de 100 m<sup>2</sup>. A estimativa de biomassa total (aérea + raízes) somou 6.493,3 t/100m<sup>2</sup>: 95,8  $\pm$  1,7% de biomassa viva e 4,1  $\pm$  1,7% de biomassa morta. A maior contribuição para biomassa viva foi da parte aérea, com 72,5  $\pm$  6,9%. Da biomassa de raízes, 31,3  $\pm$  2,0% são raízes finas (diâmetro entre 2 mm e 5 cm) e 68,7  $\pm$  2,0% são raízes grossas (diâmetro  $\geq 5$  cm). As árvores com DAP  $\geq 5$  cm contribuíram com 85,1  $\pm$  2,3% da biomassa aérea, sendo o tronco o compartimento que mais contribuiu para esse total (58,5  $\pm$  5,2%). A biomassa foi dividida em: parte aérea (PA), de raízes (PR) e total (P) (aérea + raízes); e os modelos alométricos ajustados para floresta densa de terra firme foram: PA = 0,12825\*(DAP)<sup>2,657183</sup>, PR = 0,019489\*(DAP)<sup>2,661729</sup>, P = 0,140072\*(DAP)<sup>2,67119</sup>. As equações alométricas ajustadas foram aplicadas utilizando o banco de dados do inventário florestal (n = 27.764 árvores) da Flota do Amapá, obtendo-se 720,67  $\pm$  6,79 t/ha-1 (IC 95%) para biomassa total e 622,75  $\pm$  6,09 t/ha-1 para biomassa da parte aérea. Para a análise dos estoques de carbono foi obtido o teor médio ponderado de umidade de 41,6% (incerteza de 1,7%). O estoque de carbono para a Flota do Amapá é de 182,10 + 6,02 t/C ha-1. O custo médio por árvore para coletar o peso fresco total foi de R\$ 1.883,23  $\pm$  434,14 (IC 95%). Considerando apenas a parte aérea, o custo médio por árvore foi de R\$ 574,35  $\pm$  173,66 (IC 95%). Este trabalho confirma que um mínimo de 100 árvores é suficiente para manter o erro associado à média inferior a 10%. As estimativas de biomassa e consequentemente os estoques de carbono citados neste estudo são superiores a outros estudos que utilizaram a

## 1- INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas as mudanças climáticas têm sido tema de inúmeros debates de âmbito global por ser considerado o maior problema ambiental enfrentado pela humanidade, sobretudo devido às grandes emissões de GEE liberados na atmosfera pela atividade humana. Dentre os GEEs, destaca-se o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que tem um papel fundamental na mudança do clima do planeta. O CO<sub>2</sub> é oriundo principalmente da queima de combustíveis fósseis (80%) e da conversão de florestas para uso agrícola (20%). Sua emissão representa a liberação de enormes quantidades de carbono estocado na vegetação e no solo para a atmosfera todos os anos (FEARNSIDE, 1996).

A necessidade de prever e detectar mudanças relacionadas ao clima no ambiente natural tem se tornado de interesse primário nas conferências internacionais sobre meio ambiente. Durante a década de 80, as evidências científicas sobre a possibilidade de mudanças do clima mundial inspiraram uma série de conferências internacionais que alertavam para a urgência de um tratado mundial para enfrentar este problema (HIGUCHI et al., 1998; KERR e OSTROVSKY, 2003).

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) estabeleceram o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês) em 1988. O papel principal do IPCC é desenvolver e validar metodologias internacionalmente acordadas para estimar e reportar as emissões nacionais líquidas (emissões – remoções) de GEE. O IPCC visa ainda reconhecer e encorajar o uso de métodos para mitigar as emissões de GEE como, por exemplo, fomentando mecanismos que movimentem a economia local e global e valorizem as florestas em pé (IPCC, 2012). Esses métodos devem priorizar a produção e comercialização de produtos madeireiros e não madeireiros sob critérios de sustentabilidade e ainda definir e valorar os serviços ambientais fornecidos pelos ecossistemas florestais.

Em um período de aproximadamente 40 anos (1961-2000) os países tropicais perderam mais de 500 milhões de hectares de cobertura florestal, emitindo milhões de toneladas de carbono para a atmosfera (FAO, 2000). O Brasil contribui com 4% a 5% das emissões totais de carbono (SCHROEDER e WINJUM, 1995). No caso da Amazônia brasileira, esta enfrenta sérias ameaças. Apesar de ter um grande potencial de conservação da biodiversidade, o bioma atualmente está inserido em um quadro preocupante de desmatamento. Apesar de as taxas de desmatamento no Brasil virem reduzindo ao longo da última década, em março de 2012 o Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD), do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), detectou 53 km<sup>2</sup> de desmatamento na Amazônia Legal, que comprometeram 3,6 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (HAYASHI et al., 2012).

O Estado do Amapá possui mais de 70% de seu território (142.814,58 km<sup>2</sup>) sob alguma modalidade especial de proteção, somando 19 Unidades de Conservação (UC) e 5 Terras Indígenas (DRUMMOND et al., 2008). No ano de 2011 as taxas de desmatamento no estado ficaram em torno de 50 km<sup>2</sup> (INPE, 2012). A partir de 2012 este cenário tende a ser agravar em consequência da crescente exploração mineral, do asfaltamento da BR-156 e da interligação do estado com a Guiana Francesa através de uma ponte sobre o rio Oiapoque. Além desses fatores, os projetos de assentamento do governo federal no entorno das principais UCs oferecem riscos à conservação dos seus recursos naturais caso não sejam implementadas políticas de compensação pela proteção dessas áreas.

Atualmente, o aproveitamento dos recursos naturais com bases sustentáveis é um dos maiores desafios para o governo do estado. Neste contexto, a Flota do Amapá foi criada em 2006 com aproximadamente 23.694 km<sup>2</sup>. Sendo uma UC de uso sustentável, tem como objetivo promover a utilização dos recursos naturais a partir de princípios orientados à sustentabilidade ambiental, social e econômica.

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	11
2	MATERIAL E MÉTODOS .....	12
2.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....	12
2.2	INVENTÁRIO DE BIOMASSA .....	15
2.2.1	Inventário florestal das parcelas de biomassa .....	16
2.2.2	Estimativa de biomassa .....	16
2.2.3	Compartimentos da biomassa aérea e de raízes das árvores (DAP = 5 cm) .....	17
2.3	EQUAÇÕES DE BIOMASSA .....	20
2.4	INVENTÁRIO FLORESTAL .....	21
2.5	ESTIMATIVA DA BIOMASSA FRESCA NA FLOTA DO AMAPÁ .....	21
2.6	ESTOQUE DE CARBONO NA FLOTA DO AMAPÁ .....	21
2.6.1	Teor de umidade .....	21
2.6.2	Teor de carbono .....	22
2.6.3	Estoque de carbono .....	22
2.7	CUSTOS DO LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO PARA A QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA .....	23
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
3.1	INVENTÁRIO DE BIOMASSA .....	23
3.1.1	Inventário florestal das parcelas de biomassa .....	23
3.1.2	Estimativa de biomassa .....	26
3.1.3	Compartimentos da biomassa aérea e de raízes das árvores (DAP = 5 cm) .....	28
3.2	EQUAÇÕES DE BIOMASSA .....	29
3.3	INVENTÁRIO FLORESTAL .....	35
3.4	ESTIMATIVA DA BIOMASSA FRESCA NA FLOTA DO AMAPÁ .....	35
3.5	ESTOQUE DE CARBONO NA FLOTA DO AMAPÁ .....	37
3.5.1	Teor de umidade .....	37
3.5.2	Teor de carbono .....	38
3.5.3	Estoque de carbono .....	38
3.6	CUSTOS DO LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO PARA A QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA .....	38
4	CONCLUSÕES .....	40
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41

# APRESENTAÇÃO

Se por um lado as florestas do Amapá apresentam vantagens comparativas às de outras regiões por sua abundância, diversidade, acessibilidade, logística e estado de conservação, por outro, ainda são muitos os desafios para transformar este imenso potencial em riqueza tangível para os cidadãos, em forma de emprego, renda e melhoria de qualidade de vida.

Promover a governança florestal na Amazônia é um processo que pressupõe o aumento da densidade institucional direcionada para este setor. Historicamente, a maioria dos incentivos econômicos é direcionada para empreendimentos que pressionam ou competem com as florestas em pé, e a exploração florestal é entendida como uma atividade predatória. Daí a falsa dicotomia entre a “preservação da floresta e o desenvolvimento econômico”. Ainda não foram criadas as condições para o setor florestal realizar a transformação de seus ativos em riqueza através do uso virtuoso (e sustentável) de seus produtos e serviços ambientais.

É neste contexto que o Governo do Estado do Amapá ousa apostar num campo inovador do conhecimento, o dos serviços ambientais, investindo recursos humanos e financeiros na diversificação do aproveitamento do seu potencial florestal. É notório que, por se tratar de um tema novo, ainda existem muitas lacunas na quantificação, valoração, repartição de benefícios e tratamento jurídico dado a esta nova equação florestal que inclui serviços como estoque de carbono, conservação da água, biodiversidade, belezas cênicas, conhecimento tradicional, entre outros.

Desde o Protocolo de Quioto, o carbono florestal se tornou uma “commodity” internacional. Ele movimenta quantias significativas de recursos entre países e principalmente dentro da estrutura do setor privado que busca ações de responsabilidade corporativa em seus programas de sustentabilidade. Consideramos que mecanismos como o REDD+ podem e devem ser utilizados para beneficiar aqueles que apostam na conservação das florestas tropicais como um investimento necessário ao equilíbrio do clima global, para a inclusão e valorização do conhecimento das populações tradicionais e indígenas e finalmente para quitar a grande dívida social existente nas cidades amazônicas que demandam investimentos em infraestrutura e oportunidades de empregos verdes.

É com este espírito que apresentamos esta publicação como um primeiro passo na geração de conhecimentos que possam abrir novas perspectivas de investimentos no setor florestal do Amapá. Ela é o resultado do trabalho conjunto de diversos atores e instituições que acreditam que é preciso diversificar as alternativas de uso e valoração das florestas.

Esperamos que os resultados apresentados contribuam para a construção de uma política global que inclua os serviços ambientais prestados pelas florestas tropicais como prioritários dentro de um novo modelo de desenvolvimento orientado para uma economia verde.

Ana Euler  
Diretora-Presidente  
Instituto Estadual de Florestas do Amapá

A vegetação da Flota é caracterizada pelo predomínio de floresta densa de terra firme (LEITE et al., 1974). Essa tipologia é marcada por condições particulares, destacando-se a diversidade de espécies, alta densidade por unidade de área e extrema competição por energia solar (ZEE, 2008). No módulo II da Flota ocorre floresta densa submontana e uma pequena porção de floresta densa de baixo platô, com sub-bosque relativamente aberto, muitos cipós, poucas palmeiras e árvores que alcançam mais de 20 m de altura comercial e diâmetro a altura do peito (DAP) superior a 180 cm (INAM, 2010) (Figura 3). Nessas florestas destaca-se a ocorrência de: essências madeiráveis como o acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.); resiníferas como os breus (*Protium* sp.) e jatobás (*Hymenaea courbaril* L.); oleaginosas como a copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne), bacaba (*Oenocarpus bacaba*) e virolas (*Virola* sp.); laticíferas como as sorvas (*Couma macrocarpa* Barb. Rodr); fibrosas como o cipó-titica (*Heteropsis Jenmani*); medicinais como o amapá doce (*Brosimum parinaroides* Ducke); e frutíferas como o piquiá (*Caryocar villosum* (Aubl.) Pers), açaí (*Euterpe oleracea*), taperebá (*Spondias lutea*), castanha do brasil (*Bertholetia excelsa*) e pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) (LEITE et al., 1974).

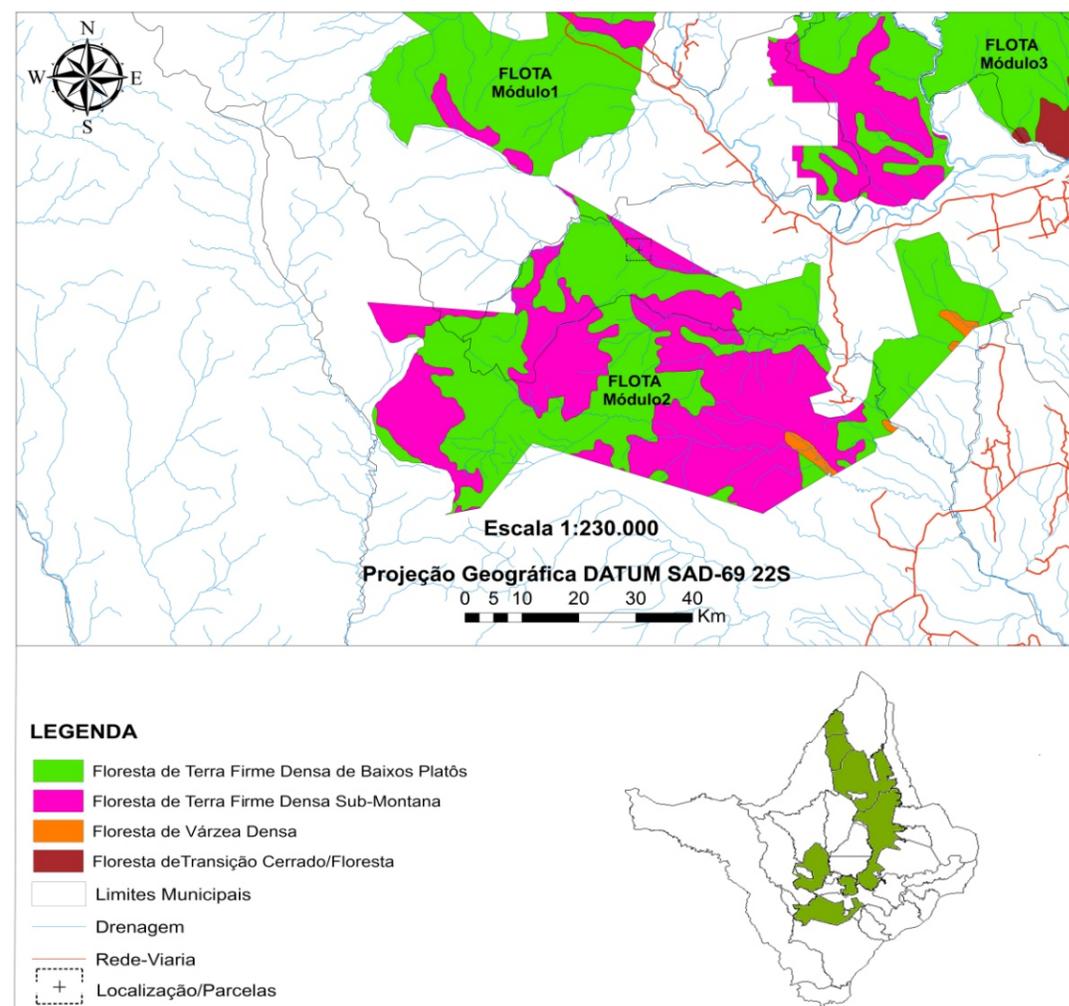


Figura 3. Caracterização da vegetação do módulo II da Flota do Amapá. Fonte: Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima dominante na região é do tipo Am (tropical, chuvoso, com chuvas de monção). O período chuvoso é de janeiro a maio, com precipitação anual de 1.700 mm (GOMES SOBRINHO, 2008). As temperaturas médias anuais variam de 23 °C a 35 °C. A umidade relativa é alta, com valores entre 80% e 86%. A hidrografia é composta pelo rio Cupixi e seus afluentes, além de pequenos igarapés e córregos que normalmente secam no período de estiagem (PERES et al., 1974),

A geologia da região é do Grupo Vila Nova (ACKERMANN, 1948); um conjunto de rochas pré-cambrianas intercaladas no complexo fundamental, as quais se apresentam perturbadas, dobradas e em posição subvertical.

O solo é o latossolo vermelho amarelo distrófico com baixa fertilidade natural (PERES et al., 1974). Este tipo de solo provém predominantemente de rochas cristalinas do Pré-Cambriano e também de sedimentos do Terciário (ZEE, 2008). Está ligado a variações amplas do relevo, mas com ocorrência predominante na classe ondulada, embora esteja presente até em regiões montanhosas. A topografia revela um relevo variando entre plano e de ondulação suave.

A fauna da Flota do Amapá ainda é pouco conhecida. Contudo, a partir do conhecimento acumulado por trabalhos realizados em áreas de entorno (SILVA, 2008), em seu interior (ECOTUMUCUMAQUE, 2008; ECOTUMUCUMAQUE, 2010), no entorno imediato (ECOTUMUCUMAQUE, 2009) e do acervo da Coleção Fauna do Amapá verifica-se uma alta diversidade da mastofauna com a presença de espécies raras, especialistas de habitat e ameaçadas de extinção. Dentre estas encontram-se espécies restritas a ambientes abertos, como as savanas, onde ocorrem os roedores *Zygodontomys brevicauda* e *Sigmodon alstoni*, o canídeo *Cerdocyon thous* e o cingulata *Euphractus sexcinctus*. E espécies associadas às áreas de floresta de terra firme

## 2.2 - INVENTÁRIO DE BIOMASSA

Para este estudo foram consideradas as categorias de biomassa florestal segundo IPCC (2003):

a) Biomassa viva acima do solo (PA). Também chamada de biomassa aérea, inclui troncos, galhos, sementes, frutos e folhas de árvores com DAP  $\geq 5$  cm. Neste estudo, os galhos dessas árvores foram separados em finos ( $2 \text{ cm} \leq \varnothing < 5 \text{ cm}$ ) e grossos ( $\varnothing \geq 5 \text{ cm}$ ). Também foi contabilizada a parte aérea das mudas (árvores com DAP  $< 5 \text{ cm}$ ), cipós e palmeiras na parcela;

b) Biomassa viva abaixo do nível do solo (PR). Também chamada de biomassa de raízes. Neste estudo foram separadas em raízes finas ou menos grossas ( $2 \text{ mm} < \varnothing < 5 \text{ cm}$ ) e grossas ( $\varnothing \geq 5 \text{ cm}$ ). Foi ainda contabilizado o peso das raízes de mudas, cipós, palmeiras e outras árvores com raízes dentro da parcela;

c) Biomassa morta ou necromassa (dead wood biomass). Também chamada serapilheira, inclui toda a biomassa lenhosa não viva, em pé ou no solo. Neste estudo, a serapilheira do chão foi coletada em subunidades;

d) Biomassa total (P). Consiste na somatória da biomassa aérea e de raízes. Para a coleta da biomassa aérea foi aplicado o método direto (destrutivo) descrito por Higuchi et al. (1998). O trabalho de campo foi realizado pelo IEF/AP e pelo Instituto Natureza Amazônica (INAM, 2010), sob orientação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa).

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A Flota do Amapá está localizada no Estado do Amapá e possui quatro módulos fundiários (I, II, III, IV) que compreendem uma área descontínua de 23.694 km<sup>2</sup>. Apresenta os seguintes limites geográficos: a Reserva Indígena Uaçá ao norte; a Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Rio Iratapuru e o Assentamento Agroextrativista do Maracá ao sul; a BR-156 a leste; e o Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque e a Floresta Nacional do Amapá a oeste (Figura 1). Parte da área da Flota está situada nos territórios dos municípios de Mazagão, Porto Grande, Pedra Branca do Amapari, Serra do Navio, Ferreira Gomes, Tartarugalzinho, Pracuúba, Amapá, Calçoene e Oiapoque (Tabela 1).



Tabela 1 Figura 1. Localização da Flota do Amapá. Fonte: Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam).

Tabela 1. Áreas totais dos municípios, distribuição da Flota por município e percentual dos municípios ocupados pela Flota.

MUNICÍPIO	ÁREA TOTAL DO MUNICÍPIO (KM <sup>2</sup> )	MÓDULOS DA FLOTA NO MUNICÍPIO	ÁREA DA FLOTA NO MUNICÍPIO (KM <sup>2</sup> )	ÁREA DO MUNICÍPIO OCUPADO PELA FLOTA/AP (%)
Amapá	9175.945	III e IV	1405.595	15,3%

Calçoene	14269.299	III e IV	5599.133	39,2%
Ferreira Gomes	5046.236	III	838.852	16,6%
Mazagão	13130.930	II	2181.227	16,6%
Oiapoque	22625.075	IV	5573.362	24,6%
Pedra Branca do Amapari	9495.480	I, II e III	1570.915	16,5%
Porto Grande	4401.774	II e III	1778.644	40,4%
Pracuúba	4956.454	III	1187.944	24,0%
Serra do Navio	7756.102	I	1827.154	23,6%
Tartarugalzinho	6709.632	III	1720.404	25,6%

A área amostrada para o estudo está localizada no módulo II da Flota, que possui aproximadamente 3.420 km<sup>2</sup> e abrange o território dos municípios de Pedra Branca e Porto Grande. Seu limite natural relevante é o rio Vila Nova, que percorre todo o interior da área. Os meios de acesso ao módulo II são principalmente a BR-210 e a Estrada de Ferro do Amapá. Os pontos de coleta de dados para o estudo estão localizados no município de Porto Grande, na comunidade de São Miguel, situada à margem esquerda do rio Cupixi (00°34'55,7" N e 52°03'54,9" W, Figura 2).

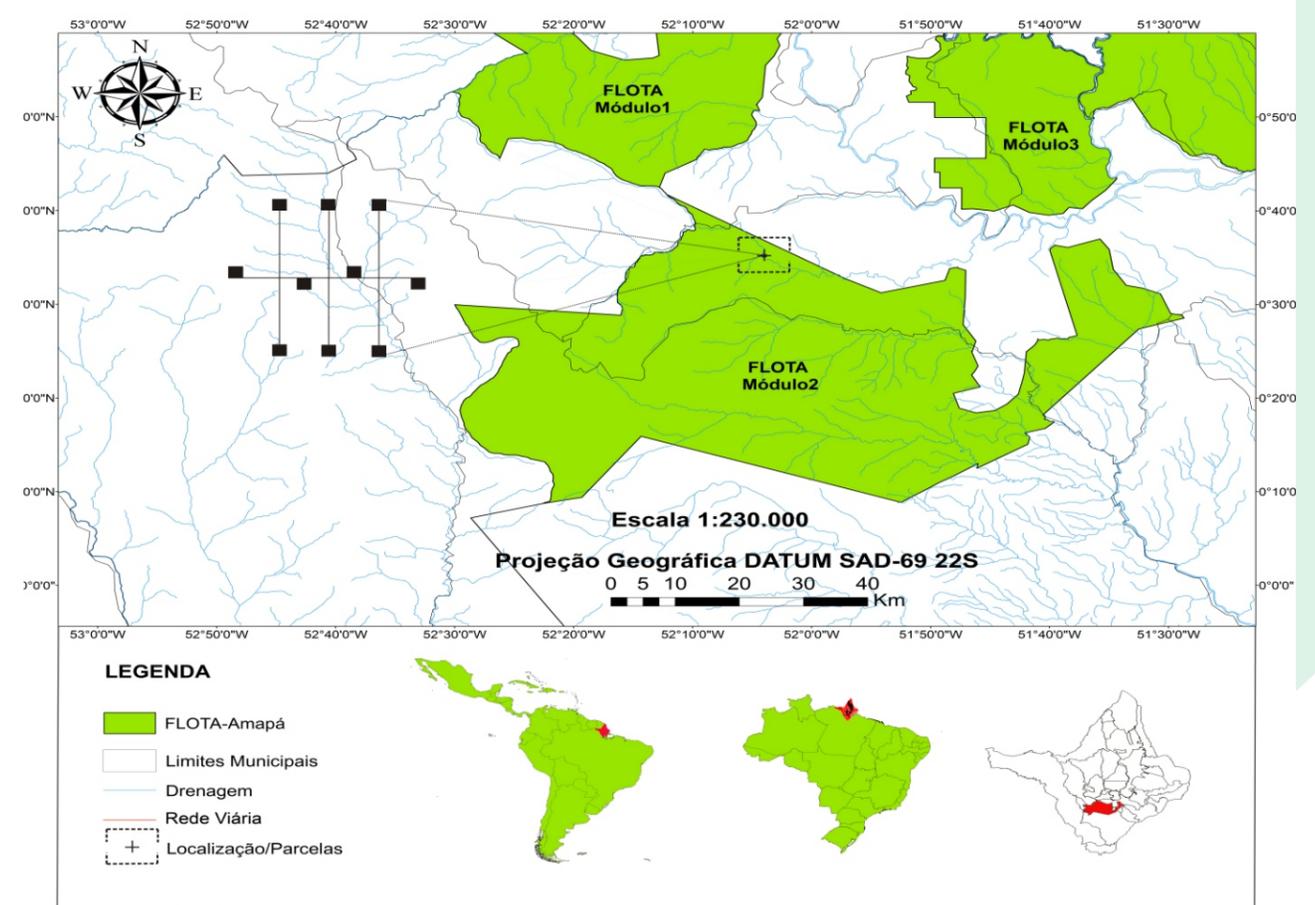


Figura 2 - Localização dos pontos de coleta de dados no módulo II da Flota do Amapá; Abaixo a localização da Flota. Fonte: Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam).

## 2.2.1 - Inventário florestal das parcelas de biomassa

Para o inventário foram estabelecidas 10 parcelas fixas de 10 x 10 m (Figura 4a), dispostas em forma de espinhas de peixe, a uma distância de 50 m uma da outra, numa área total de aproximadamente 1,5 ha (Figura 4b).

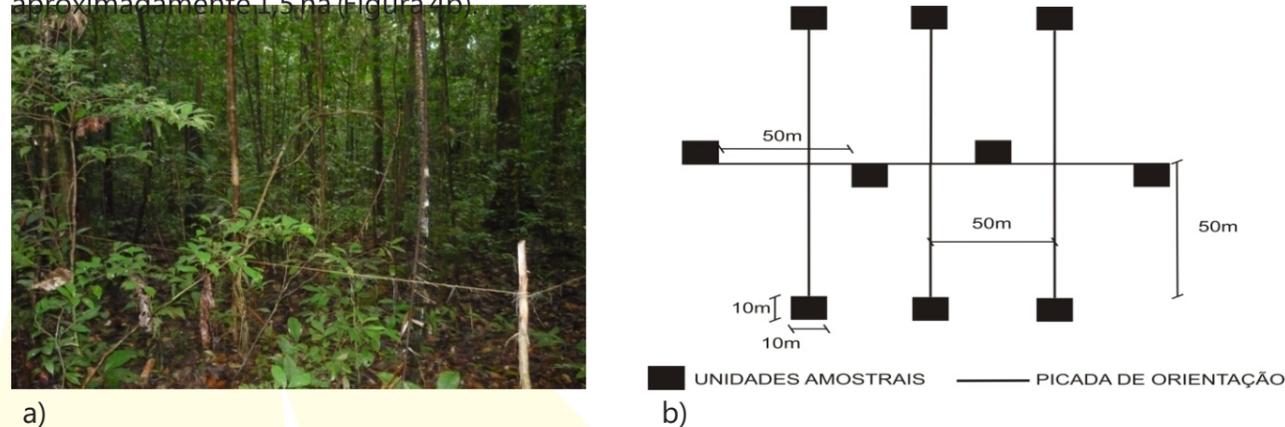


Figura 4. a) Aspecto da vegetação das parcelas fixas de 10 x 10 m com todas as categorias de biomassa; e b) Distribuição das 10 unidades amostrais.

Nas parcelas, foram inventariadas as árvores com DAP  $\geq 5$  cm, para as quais registraram-se: o nome vulgar, o DAP a 1,30 m acima do solo ou 30 cm acima da sapopema, o diâmetro da copa (m) e o estado da árvore (viva ou morta).

Cipós e palmeiras também foram contabilizados. Os indivíduos com DAP  $< 5$  cm, considerados mudas, não foram inventariados.

## 2.2.2 - Estimativa de biomassa

A biomassa florestal ou fitomassa é a quantidade, expressa em unidade de massa, do material lenhoso contido em uma unidade de área de floresta (ARAÚJO et al., 1999; SANQUETTA, 2002). A biomassa em florestas tropicais é constituída basicamente de água, responsável por aproximadamente 40%, e carbono, que pode variar de 46% a 53% da biomassa total (HIGUCHI e CARVALHO Jr., 1994). No contexto florestal existem diversos parâmetros estruturais que podem ser medidos de maneira quantitativa e podem fornecer informações importantes sobre a biomassa florestal. Dentre eles, os mais importantes são: diâmetro à altura do peito, altura comercial e total e diâmetro da copa (ASNER et al., 2002; COUTERON et al., 2005).

Para quantificar a biomassa dois métodos são citados na literatura: a) o método direto, que consiste na derrubada e pesagem de todas as árvores que ocorrem em parcelas fixas (BROWN et al., 1989); e b) o método indireto, que consiste em correlacionar a biomassa com alguma variável de fácil obtenção para a aplicação em modelos matemáticos ou a utilização do sensoriamento remoto,

não requerendo a destruição do material vegetal (HIGUCHI et al., 1994). Neste estudo foi aplicado o método direto para determinar a biomassa de uma floresta densa de terra firme e ajustar equações alométricas para estimar a biomassa aérea, de raízes e total desta tipologia florestal. Também aplicou-se o método indireto para estimar a biomassa e o estoque de carbono da

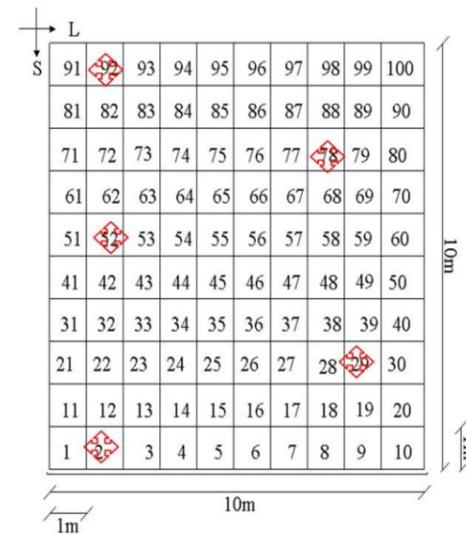


Figura 5. Exemplo da disposição e foto demonstrativa das subparcelas para a coleta de serrapilheira.

Todas as mudas, palmeiras e cipós encontrados nas parcelas amostrais foram retirados e

## 2.2.3 - Compartimentos da biomassa aérea e de raízes das árvores (DAP $\geq 5$ cm)

Todas as árvores inventariadas foram derrubadas respeitando-se os procedimentos de segurança, iniciando pela de menor diâmetro (Figura 6a). O material botânico foi coletado para posterior identificação taxonômica no herbário do Museu Emilio Goeldi (MPEG) (Figura 6b).



Figura 6. a) Derrubada de árvores inventariadas; e b) Coleta de material botânico para identificação.

Com as árvores no chão, foram feitas as medições da altura comercial (HC) e altura total (HT), bem como a cubagem do volume pelo método Smalian combinado com Hohenald (medição do diâmetro na base e do topo de cada seção).

Todas as partes (compartimentos) das árvores derrubadas (tronco, galhos, folhas e raízes) foram pesadas integralmente, sendo divididas em pedaços menores sempre que necessário. A serragem resultante foi também coletada e pesada, adicionando-se este valor ao peso do compartimento correspondente (Figura 7). Amostras de cada compartimento foram coletadas para a determinação do teor de umidade.

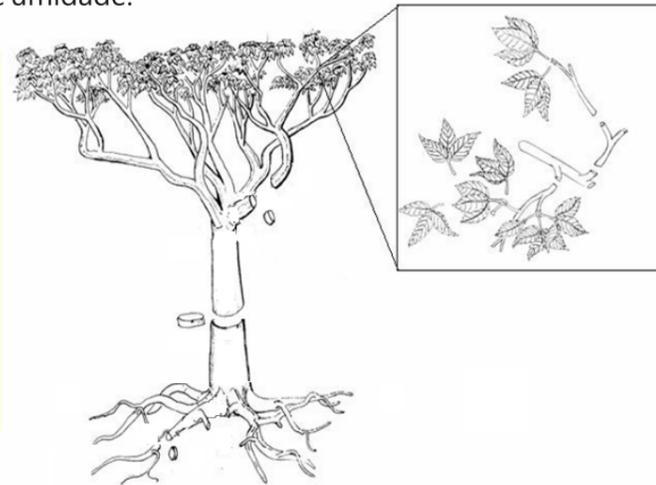


Figura 7. Esquema do método de coleta de material de forma destrutiva para árvores com DAP  $\geq 5$  cm.

A pesagem das partes maiores das árvores foi realizada numa balança plataforma com capacidade para 250 kg. Quando possível, a pesagem foi direta (tronco, galhos finos, galhos grossos e raízes grossas), isto é, o material foi colocado diretamente sobre a plataforma da balança (Figura 8a). Para as partes menores e leves das árvores (serragem, folhas e raízes finas) a pesagem foi indireta. Isto é, o material era colocado em uma lona, a qual era carregada por um homem, que posteriormente era pesado. Em seguida, subtraía-se o peso do homem e da lona do peso total para



Figura 8. a) Pesagem direta dos troncos; e b) Pesagem indireta de folhas.

Após a coleta e pesagem do material botânico de toda a parte aérea, iniciou-se a escavação para retirada das raízes, conforme metodologia descrita por Silva (2007) (Figura 9a). Foram retiradas as raízes de todas as árvores e cipós da parcela e de todas as árvores inventariadas (Figura 9b), as quais foram separadas em raízes grossas e finas. Das raízes das árvores inventariadas foram retiradas amostras de raízes grossas e finas para análise de umidade.



Figura 9. a) Escavação da parcela; e b) Retirada de raízes das árvores inventariadas.

As amostras de todas as árvores inventariadas foram pesadas numa balança mecânica com capacidade para 10 kg. De cada parte maior da árvore (tronco, galhos grossos e raízes grossas) foi cortado um disco. Das folhas, galhos e raízes finas foi coletado 1 kg (Figura 10a) de cada compartimento (metodologia modificada de Silva, 2007). Essas amostras foram semanalmente transportadas para o Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (Iepa) para serem secas em estufa a 65°C e melhor armazenadas.

Após a secagem as amostras foram embaladas em sacos de papel para transporte até o Laboratório de Química da Madeira do Centro de Pesquisas em Produtos Florestais/CPPF do Inpa, em Manaus-AM (Figura 10b), onde foram moídas para análise de teor de umidade.



Figura 10. a) Amostras preparadas no campo para transporte ao laboratório no IEPA; e b) Amostras secas preparadas para moagem e análise de umidade.

## 2.3 - EQUAÇÕES DE BIOMASSA

Para o ajuste das equações de biomassa foram testados seis modelos matemáticos, selecionados a partir dos trabalhos de Santos (1996), Higuchi et al. (1998) e Silva (2007):

$$P = \beta_0 (\text{DAP})^{\beta_1} + \varepsilon \quad (1) \quad \ln P = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DAP}) + \varepsilon \quad (4)$$

$$P = \beta_0 (\text{DAP})^{\beta_1} (\text{Hc})^{\beta_2} + \varepsilon \quad (2) \quad \ln P = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DAP}) + \beta_2 \ln(\text{Hc}) + \varepsilon \quad (5)$$

$$P = \beta_0 (\text{DAP})^{\beta_1} (\text{Ht})^{\beta_2} + \varepsilon \quad (3) \quad \ln P = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{DAP}) + \beta_2 \ln(\text{Ht}) + \varepsilon \quad (6)$$

Onde: P = peso de massa fresca de cada árvore (kg); DAP = diâmetro a 1,30 m do nível do solo (cm); Ht = altura total da árvore (m); Hc = altura comercial (m);  $\beta_0, \beta_1, \beta_2$  = coeficientes de regressão; ln = logaritmo natural.

Para a seleção desses modelos consideraram-se os seguintes critérios: a) apresentação de DAP como variável independente, o que é desejável por ser uma variável de fácil mensuração; e b) comprovação em outros sítios e, portanto, com alta probabilidade de ter bom desempenho no sítio estudado.

Em cada modelo testado foram aplicadas análises de variância e teste de significância dos coeficientes (DRAPER E SMITH, 1966; NETER e WASSERMAN, 1974; WEISS e HASSETT, 1982) utilizando-se o pacote estatístico SYSTAT (Versão 10.2).

Para a escolha do melhor modelo utilizou-se a análise do coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado), erro padrão da estimativa em porcentagem ( $S_{yx}\%$ ) e da distribuição dos

$$R^2_{aj} = 1 - \frac{(n-1) \cdot (SQ_{residuo})}{(n-k) \cdot (SQ_{total})}, \text{ sendo } 0 < R^2 \leq 100.$$

Onde:  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado; K = número de coeficientes da equação; n = número de observações; SQ resíduo = soma dos quadrados dos resíduos; SQtotal = soma dos quadrados do total.

O erro padrão de estimativa demonstra a precisão do modelo. Para se dimensionar exatamente a precisão do modelo, este erro tem que ser calculado em relação à média da variável

$$\text{Erro}(\%) = \left( \frac{\left| \left( \frac{\text{EPE}}{\sqrt{n}} \right) \right|}{\bar{y}} \right) * 100$$

Onde: EPE (%) = erro padrão da estimativa em porcentagem; n = número de amostras;  $\bar{y}$  = média do peso observado

O erro padrão da estimativa foi recalculado para os modelos em que a variável dependente foi transformada pelo processo de linearização possibilitando a comparação com modelos não

$$S_{yx}\% = \left( \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y - Y_{est})^2}{n - k - 1}}}{\bar{Y}_{real}} \right) * 100$$

Onde: erro padrão da estimativa recalculado em (m<sup>3</sup>); Y = volume observado;  $Y_{est}$  = volume estimado pelo modelo ajustado; n = número de árvores-amostra; k = número de parâmetros do modelo;  $\bar{Y}_{real}$  = média aritmética do volume real

## 2.4 - INVENTÁRIO FLORESTAL

O inventário florestal da Flota do Amapá foi realizado por meio de amostragem do tipo sistemático em dois estágios conglomerado de conglomerado. Foram sorteadas 30 unidades primárias (UP) de 1,6 ha, distribuídas aleatoriamente em uma área de 23.694 km<sup>2</sup>, abrangendo as seguintes tipologias florestais: floresta de terra firme densa baixos platôs (FTFDBP), floresta de terra firme densa submontana (FTFDSm) e transição cerrado floresta (TCF).

Foram medidos o DAP (cm) e a altura comercial (HC) de todas as árvores com DAP  $\geq$  10 cm. O detalhamento da metodologia utilizada para a coleta de dados do inventário florestal está descrito em Inam (2010).

## 2.5 - ESTIMATIVA DA BIOMASSA FRESCA NA FLOTA DO AMAPÁ

A biomassa aérea, de raízes e total da Flota do Amapá foi estimada com o auxílio de modelos bioestatísticos de simples entrada desenvolvidos por este estudo.

Os modelos escolhidos foram aplicados no conjunto de dados do inventário florestal (n = 27.764 árvores). Com essas informações foi estimada a biomassa fresca aérea, de raízes e total da Flota. A análise também foi feita utilizando-se as mesmas equações para cada um dos quatro módulos (I, II, III e IV) da Flota, gerando uma estimativa de biomassa para cada um.

## 2.6 - ESTOQUE DE CARBONO NA FLOTA DO AMAPÁ

O cálculo do estoque de carbono foi realizado determinando-se os teores de umidade da biomassa florestal e multiplicando-se o valor resultante pelo teor de carbono.

### 2.6.1 - Teor de umidade

As amostras foram identificadas no campo e imediatamente pesadas para obtenção do peso fresco.

Esse material foi moído, e em seguida homogeneizou-se 1g de amostra de cada um dos compartimentos de todas as 106 árvores inventariadas, totalizando seis amostras (tronco, galhos finos, galhos grossos, folhas, raízes finas e raízes grossas) de cada árvore para análise. Em balança analítica foi pesado 1g de material fresco, obtendo-se o peso úmido das amostras. Em seguida



Figura 11. Amostras sendo pesadas em balança analítica.

O teor de umidade foi determinado pela equação:

$$U (\%) = (PU - PS / PS) \times 100$$

Onde: PU = peso úmido da amostra (g); PS = peso seco da amostra (g).

### 2.6.2 - Teor de carbono

O teor de carbono adotado para o cálculo do estoque de carbono foi de 48,5%, encontrado por Silva (2007) em estudos feitos para floresta densa de terra firme no Estado do Amazonas.

### 2.6.3 - Estoque de carbono

Para determinar a biomassa aérea, de raiz e total foram aplicados nas equações de biomassa escolhidas para cada compartimento da floresta (aéreo, de raiz e total) os dados de DAP das árvores com DAP  $\geq 10$  cm, medidos no inventário florestal descrito por Inam (2010). Para o cálculo de estoque de carbono da vegetação utilizou-se a seguinte equação:

$$C_{tot} = (PStot) \times 0,485$$

Onde:  $C_{tot}$  = quantidade de carbono (t/C.ha-1); PStot = peso seco total (t)

Os cálculos foram feitos respeitando-se os três níveis de amostragem por causa da diferença no tamanho das unidades amostrais (Tabela 2).

Tabela 2. Tamanho das unidades terciárias (parcelas) por níveis analisados.

NÍVEL	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ÁREA (ha)	INDIVÍDUOS INVENTARIADOS
I (subparcela)	10	10	0,02	DAP = 10 cm
II (subparcela)	20	100	0,2	DAP = 20 cm
III (parcela)	20	200	0,4	DAP = 40 cm

A análise foi feita para a área total da Flota do Amapá e para os quatro módulos, gerando uma estimativa de estoque de carbono para cada um dos módulos I, II, III e IV.

## 2.7 - CUSTOS DO LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO PARA A QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA

Para estimar os custos de coleta de dados para estimativa da biomassa aérea, de raízes e total foi registrado o tempo gasto para a: implantação das parcelas, realização do inventário florestal da área, derrubada das árvores e escavação das parcelas fixas.

A coleta dos dados de campo foi realizada pelo Inam, contratado pelo IEF. Desta forma, os custos contabilizados foram: pagamento da empresa, que se responsabilizou pelo deslocamento e os equipamentos; e pagamento de diárias para técnicos do IEF, que acompanharam o trabalho de campo.

## 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 - INVENTÁRIO DE BIOMASSA

No total foram identificadas, derrubadas e pesadas 106 árvores em 10 parcelas de 10x10 m.

#### 3.1.1 - Inventário florestal das parcelas de biomassa

No levantamento foram identificadas 44 espécies, distribuídas em 33 gêneros pertencentes a 23 famílias botânicas. As espécies mais abundantes foram a *Rinorea* sp. e *Eschweilera coriacea* (A. DC.) Mori, com 13 e 8 indivíduos, respectivamente. Entre as espécies menos abundantes estão o acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.), acariquara (*Minuartia guianensis* Aubl.), amaparana (*Thyrsodium guianense* Sagot ex March), carapanaúba (*Aspidosperma excelsum* Benth), cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.), guajará branco (*Micropholis Venulosa* (Mart. & Eichler) e sucupira (*Diplotropis nitida* Benth), as quais apresentaram somente um indivíduo (Tabela 3).

A média de DAP das árvores inventariadas foi de  $13,43 \pm 2,06$  cm. De todos os indivíduos inventariados nas 10 parcelas apenas dois apresentaram DAP superior a 50 cm: uma Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.) com DAP de 74,55 cm e um Acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.) com 61,82 cm (Tabela 3).

A altura comercial média (HC) foi de  $8,96 \pm 0,83$  m. A média da altura total (HT) foi de  $14,63 \pm 1,28$  m. As espécies que apresentaram simultaneamente os maiores valores de altura comercial e altura total foram a casca seca (*Licania paraensis* Prance.), sucupira tento (*Diplotropis nitida* Benth.) e o acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.) (Tabela 3).

O diâmetro médio da copa foi de  $2,49 \pm 0,34$  m. As espécies que apresentaram valores médios de copa igual ou superiores a 5 m foram a cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.), acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.), breu manga (*Protium guacayanum* Cuatric), pau de rego (*Centrosema virginianum* (L.) Benth.), tachi vermelho (*Sclerolobium melanocarpum* Ducke)

Tabela3. Composição florística, número de indivíduos (N IND), valores de Diâmetro a Altura do Peito (DAP), altura comercial (HC), altura total (HT) e diâmetro da copa (Ø COPA) das 10 parcelas utilizadas para o inventário de biomassa na Floresta Densa de Terra Firme da Flota do Amapá.

NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO	GÊNERO	FAMÍLIA	N IND	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	Ø COPA (m)
Abiurana	<i>Pouteria guianensis</i> Aubl.	Pouteria	Sapotaceae	2	14,72	6,29	12,21	2,30
Acapu	<i>Vouacapoua americana</i> Aubl.	Vouacapoua	Fabaceae	1	61,82	16,10	29,00	8,00
Acariquara	<i>Minquartia guianensis</i> Aubl.	Minquartia	Oleaceae	1	8,05	9,20	15,22	1,00
Anaparana	<i>Thyrsodium guianense</i> Sagot ex March	Thyrsodium	Burseraceae	1	5,41	3,93	8,82	3,50
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Carapa	Meliaceae	2	24,37	13,00	26,60	2,35
Araracanga	<i>Aspidosperma cf. desmanthum</i> Benth. ex Müll. Arg.	Aspidosperma	Apocynaceae	1	9,04	17,10	21,79	1,00
Ata Preta	<i>Duguetia</i> sp.	Duguetia	Annonaceae	1	5,12	4,70	7,87	1,80
Breu	<i>Protium</i> sp.	Protium	Burseraceae	4	11,49	9,60	13,72	2,25
Breu barote	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	Tetragastris	Burseraceae	2	28,54	12,55	19,37	2,30
Breu de Leite	<i>Thyrsodium hererense</i> D. Daly	Thyrsodium	Burseraceae	1	8,37	8,30	13,40	0,50
Breu Manga	<i>Protium guacayanum</i> Quatric	Protium	Burseraceae	1	15,60	16,70	20,91	7,00
Cacau do mato	<i>Theobroma sylvestris</i> Mart.	Theobroma	Sterculiaceae	2	11,24	8,60	12,04	1,35
Canela de jacarim	<i>Rinorea</i> sp.	Rinorea	Violaceae	13	8,44	5,26	9,87	2,33
Canela de velho	<i>Casearia javitensis</i> Kunth	Casearia	Flacourtiaceae	5	8,60	10,40	14,03	0,99
Carapanãiba	<i>Aspidosperma excelsum</i> Benth	Aspidosperma	Apocynaceae	1	11,87	14,40	17,82	1,40
Casca seca	<i>Licania paraensis</i> Rance.	Licania	Chrysobalanaceae	1	21,36	27,40	35,69	4,00
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Goupia	Celastraceae	1	74,55	13,50	38,32	8,00
Cupuí	<i>Theobroma subincanum</i> Mart.	Theobroma	Sterculiaceae	4	14,78	8,69	16,46	4,25
Embaúba	<i>Cecropia</i> sp.	Cecropia	Cecropiaceae	2	5,76	4,14	8,45	1,23
Envira Branca	<i>Xylopia</i> sp.	Xylopia	Annonaceae	2	8,44	5,80	10,53	1,80
Envira Preta	<i>Guatteria poepigiana</i> Mart.	Guatteria	Annonaceae	2	15,34	11,30	17,25	3,25
Grão de Galo	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Cordia	Borraginaceae	1	5,86	5,20	9,40	1,20

Guajará	<i>Pouteria</i> sp.	Pouteria	Sapotaceae	4	6,42	8,09	9,90	0,90
Guajara Branco	<i>Micropholis Venulosa</i> (Mart. & Eichler)	Micropholis	Sapotaceae	1	14,64	11,92	15,05	3,00
Ingá	<i>Inga</i> sp.	Inga	Mimosaceae	2	12,89	13,28	24,57	2,15
Ingá Peluda	<i>Inga cayennensis</i> Sagot ex Benth	Inga	Mimosaceae	1	5,51	7,70	10,60	1,00
Inharé	<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Brosimum	Moraceae	5	10,49	7,40	12,27	3,02
Macucu Branco	<i>Licania oblongifolia</i> Standl.	Licania	Chrysobalanaceae	2	9,55	11,00	14,03	1,20
Mandioqueiro	<i>Qualea dinizii</i> Duke.	Qualea	Vochysiaceae	4	10,71	9,70	13,63	1,89
Matamatá	<i>Eschweilera</i> sp.	Eschweilera	Lecythidaceae	3	6,90	8,43	11,94	1,35
Matamatá Branco	<i>Eschweilera coriacea</i> (A. DC.) Mori	Eschweilera	Lecythidaceae	8	11,85	7,23	12,30	2,86
Molongó	<i>Ambelania tenuiflora</i> Muell. Arg.	Ambelania	Apocynaceae	1	9,36	3,00	14,32	1,00
NI	NI	NI	NI	1	31,83	8,30	8,70	0,00
NI-1	NI	NI	NI	2	19,37	13,50	18,95	3,50
NI-2	NI	NI	NI	1	26,20	13,50	23,07	2,50
NI-3	NI	NI	NI	2	24,29	12,75	25,85	2,60
Pau de Rego	<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.	Centrosema	Rubiaceae	1	36,99	7,50	18,80	7,00
Pau Pereira	<i>Platycomus regnelii</i> Benth.	Platycomus	Fabaceae	3	10,76	6,93	11,64	2,43
Pintadinho	<i>Chrysophyllum oppositum</i>	Chrysophyllum	Sapotaceae	1	21,61	10,40	20,37	6,00
Sucupira Tonto	<i>Diptotropis nitida</i> Benth.	Diptotropis	Fabaceae	1	24,70	23,90	27,74	5,00
Tachi Vermelho	<i>Sclerolobium melanocarpum</i> Duke	Sclerolobium	Caesalpinaceae	1	34,15	12,30	32,90	6,00
Tonto	<i>Omosia micrantha</i> Duke	Omosia	Fabaceae	4	12,96	7,64	13,08	1,90
Tinteiro	<i>Miconia</i> sp.	Miconia	Melastomataceae	2	11,97	8,40	14,45	3,50
Ucuúba	<i>Virola cuspidata</i> Warb.	Virola	Myristicaceae	5	8,00	7,58	11,39	2,02
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>33</b>	<b>23</b>	<b>106</b>				

Do total de árvores inventariadas 93% apresentaram diâmetro inferior a 30 cm (Tabela 4), e o restante ficou nas classes de DAP 30 < 40, 60 < 70 e 70 < 80. Não foram encontrados indivíduos na

Tabela 4. Distribuição de frequência dos dados observados (n=106).

LIMITES DE CLASSE	FREQUÊNCIA	%
5 < 10	56	52,8
10 < 20	33	31,1
20 < 30	10	9,6
30 < 40	5	4,7
40 < 50	0	0,00
50 < 60	0	0,00
60 < 70	1	0,9
70 < 80	1	0,9
Total	106	100

### 3.1.2 - Estimativa de biomassa

Para Sanquetta (2002) a biomassa é uma das variáveis mais relevantes nos estudos de fixação de carbono, a qual precisa ser determinada e estimada de forma fidedigna, caso contrário não haverá consistência na quantificação do carbono fixado nos ecossistemas florestais.

A biomassa total somou 6.493,3 t/100 m<sup>2</sup> (Tabela 5). Deste total, aproximadamente 95% é de biomassa viva e apenas 5% de biomassa morta (Tabela 6). Nos estudos de Silva (2007), do peso total da vegetação em parcelas fixas 97,1 ± 1,5% são de biomassa viva e 2,9 ± 1,5% são de morta. Isso demonstra que os dados obtidos com este estudo são similares a outros resultados encontrados em florestas da Amazônia.

Tabela 5. Estimativas (em kg) de Biomassa de Raízes (PR), Parte Acima do Solo (PA), Biomassa Viva (V), Biomassa Morta (M) e Biomassa Total (T).

VARIÁVEL	MÉDIA (Kg/100 m <sup>2</sup> )	DP	% INCERTEZA
Biomassa de raízes (PR)	1.322,1 ± 464,3	236,9	35,84
Biomassa aérea (PA)	5.005,3 ± 3.643,8	1.859,1	74,29
Biomassa viva (V)	6.327,4 ± 4.082,3	2.082,9	65,83
Biomassa morta (M)	165,9 ± 33,0	16,8	20,31
Biomassa total (T)	6.493,3	2.082,9	-

Tabela 6. Contribuição (em %) da estimativa de Biomassa Viva (V) e Morta (M) em relação ao total (viva + morta), nas parcelas fixas da Floresta Densa de Terra Firme da Flota do Amapá.

VARIÁVEL	MÉDIA (%)	DP	% INCERTEZA
V:T	95,8 ± 1,67	0,85	1,78
M:T	4,1 ± 1,67	0,85	40,74
PA:V	72,5 ± 6,91	3,5	9,7
PR:V	27,4 ± 6,91	3,5	25,7

As árvores com DAP ≥ 5 cm foram responsáveis por mais de 85% da biomassa aérea, apresentando uma média de 4.502 ± 78 kg/100 m<sup>2</sup>, enquanto as mudas (árvores com DAP < 5cm) contribuíram com apenas 5% para o total dessa biomassa (Tabela 7).

Em estudos na Amazônia, Higuchi et al. (1998), analisando uma parcela fixa de 2.000 m<sup>2</sup>, verificaram que a biomassa fresca distribui-se da seguinte maneira em relação ao peso total: árvores com DAP ≥ 5 cm contribuem com 86,9%; mudas, com 2,4%; e cipós, com 1,3%. Silva (2007), por sua vez, encontrou como composição da biomassa viva acima do solo em parcelas fixas: 93,7 ± 2,7% de árvores com DAP ≥ 5 cm; 2,8 ± 2,1% de mudas; 2,3 ± 1,7% de palmeiras; e 1,8% ± 1,0 de

Tabela 7. Média de estimativas (em kg/100 m<sup>2</sup>) de biomassa das Palmeiras (P), Cipós (C), Árvores com DAP < 5cm (mudas), Árvores com DAP ≥ 5cm, Raízes das Árvores com DAP ≥ 5cm, Raízes da Parcela, nas parcelas fixas da floresta densa de terra firme da Flota/AP.

TIPOS DE VEGETAÇÃO	MÉDIA (KG/100 M <sup>2</sup> )	DP	% INCERTEZA
Palmeiras (P)	7 ± 6	3	91
Cipós (C)	377 ± 210	107	57
Mudas (DAP < 5 cm)	119 ± 23	12	20
Árvores (DAP = 5 cm)	4.502 ± 3.446	1.758	78
Raízes das árvores (DAP = 5cm)	639 ± 500	255	80
Raízes da parcela	684 ± 159	81	24

Neste estudo verificou-se que, por serem característicos da região, os cipós contribuíram com aproximadamente 10% da biomassa aérea (Figura 12), enquanto que em estudos para floresta primária da Amazônia (HIGUCHI et al., 1998; SILVA, 2007) essa contribuição foi bem menor pelo fato de não serem tão frequentes.

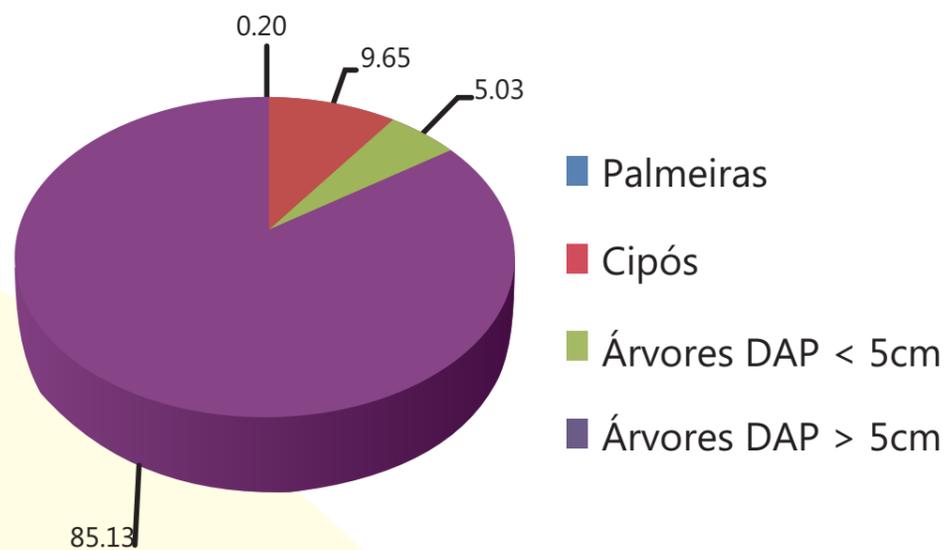


Figura 12. Contribuição (%) das palmeiras, cipós, mudas (árvores com DAP < 5cm) e árvores com DAP ≥ 5cm para a biomassa viva acima do nível do solo na Flota do Amapá.

### 3.1.3 - Compartimentos da biomassa aérea e de raízes das árvores (DAP ≥ 5 cm)

Os troncos das árvores com DAP ≥ 5 cm contribuíram de forma significativa para a biomassa aérea (contabilizam 58,5 ± 5,2%), enquanto as folhas contribuíram com apenas 3,1 ± 0,6%. Os galhos grossos e finos contribuíram com aproximadamente 37% dessa biomassa (Figura 13).

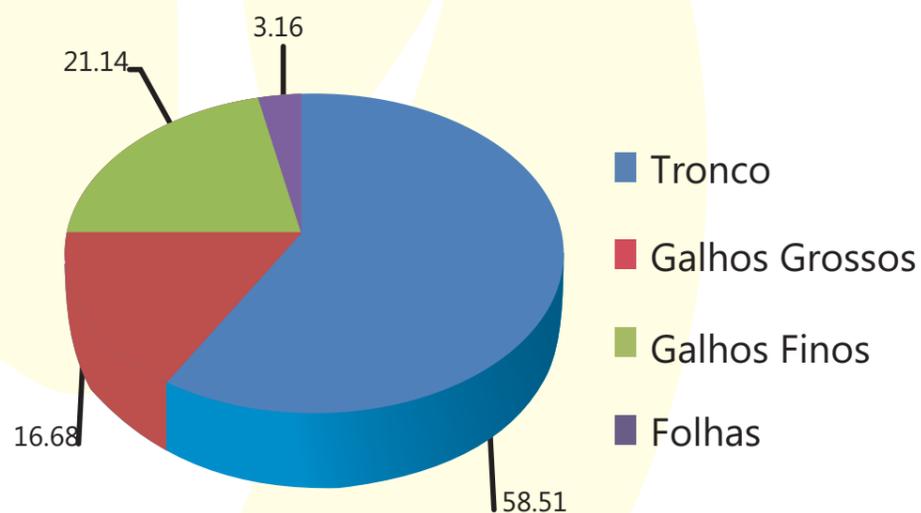


Figura 13. Contribuição (%) das partes das árvores com DAP ≥ 5 cm para a biomassa viva acima do nível do solo na Flota do Amapá.

As raízes grossas contribuíram com  $68,6 \pm 3,9\%$ , enquanto as raízes finas contribuíram com apenas  $31,3 \pm 3,9\%$  da biomassa de raízes. Silva (2007) foi o primeiro a utilizar o método direto para analisar a biomassa de raízes, dividindo-as em raízes grossas e finas, o qual obteve, respectivamente,  $58 \pm 8\%$  e  $42 \pm 8\%$ . As raízes grossas da floresta na Flota do Amapá contribuíram

## 3.2 - EQUAÇÕES DE BIOMASSA

As equações foram determinadas a partir das biomassas totais de 106 indivíduos, estimadas com base na distribuição dos diâmetros das árvores inventariadas. Os indivíduos que compõem a amostra apresentaram um DAP máximo de 74,5 cm (Tabela 8). O maior peso fresco da parte aérea de uma das árvores com DAP ≥ 5 foi de 12.867 kg.

Tabela 8. Valores máximos e mínimos das variáveis utilizadas para o ajuste das equações (n=106).

	DAP (cm)	ALTURA TOTAL (HT) (m)	ALTURA COMERCIAL (HC) (m)	PESO FRESCO AÉREO (PA) (Kg)	PESO FRESCO RAÍZES (PR) (Kg)
Mínimo	5,1	5	2,6	8.114	1
Máximo	74,5	38,3	27,4	12.867	1.921

Foram ajustadas seis equações (duas de simples e quatro de dupla entrada) para estimar a biomassa fresca total, aérea e de raiz em floresta ombrófila densa de terra firme. Todas as equações ajustadas foram avaliadas quanto ao coeficiente de determinação ( $R_{aj}^2$ ), erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ), erro padrão da estimativa em percentual ( $S_{yx}(\%)$ ) distribuição de resíduos e distribuição dos desvios a um eixo de 45°. Os coeficientes de determinação variaram de 0,94 a 0,99 para estimativa de biomassa total (Tabela 9), de 0,93 a 0,99 para estimativa de biomassa aérea (Tabela 10) e de 0,92 a

Tabela 9. Coeficiente de regressão e de determinação ( $R_{aj}^2$ ), erro padrão de estimativa ( $S_{yx}$ ) das equações estatísticas testadas para estimar a biomassa total (P) de árvores em pé.

Nº	EQUAÇÕES	n	a	b	c	$R_{aj}^2$	$S_{yx}$	$S_{yx}(\%)$
1	$P = a (DAP)^b$	106	0,140072	2,671198		0,97	28,85	6,79
2	$P = a (DAP)^b (H_c)^c$	106	0,137069	2,668108	0,013163	0,97	28,99	6,82
3	$P = a. (DAP)^b (H_c)^c$	106	0,030044	1,908323	1,334412	0,99	12,42	2,92
4	$P = a + b. \ln(DAP)$	106	-1,096367	2,437071		0,94	34,63	8,15*
5	$P = a + b. \ln(DAP) + c. \ln(H_c)$	106	-1,32971	2,324917	0,240919	0,94	41,09	9,67*
6	$P = \ln P = a + b. \ln(DAP) + c. \ln(H_c)$	106	-1,854504	2,100989	0,603496	0,95	30,23	7,12*

\* O erro padrão residual foi recalculado para as equações cujas variáveis dependentes passaram por linearização.

Tabela 10. Coeficiente de regressão e de determinação (Raj2), erro padrão de estimativa (Syx) das equações estatísticas testadas para estimar a biomassa aérea (PA) de árvores em pé.

Nº	EQUAÇÕES	n	a	b	c	R <sub>aj</sub> <sup>2</sup>	S <sub>yx</sub>	S <sub>yx</sub> (%)
1	P= a (DAP) <sup>b</sup>	106	0,12825	2,657183		0,97	25,89	6,09
2	P= a (DAP) <sup>b</sup> (H <sub>c</sub> ) <sup>c</sup>	106	0,129737	2,658272	-0,00418	0,97	26,01	6,12
3	P= a (DAP) <sup>b</sup> (H <sub>c</sub> ) <sup>c</sup>	106	0,024827	1,871466	1,395233	0,99	10,69	2,52
4	P= a + b. ln(DAP)	106	-1,230895	2,441442		0,93	29,17	6,87*
5	P= a + b. ln(DAP) + c.ln(H <sub>c</sub> )	106	-1,49213	2,315881	0,269718	0,94	34,94	8,23*
6	P= lnP = a+ b. ln(DAP) + c. ln(H <sub>t</sub> )	106	-2,046019	2,080097	0,648859	0,95	24,02	5,65*

\* O erro padrão residual foi recalculado para os modelos cujas variáveis dependentes passaram por transformação linear.

Tabela 11. Coeficiente de regressão e de determinação (Raj2), erro padrão de estimativa (Syx) das equações estatísticas testadas para estimar a biomassa de raízes (PR) de árvores em pé.

Nº	EQUAÇÕES	n	a	b	R <sub>aj</sub> <sup>2</sup>	S <sub>yx</sub>	S <sub>yx</sub> (%)
1	LnPR= a+bLnDAP	106	-3,502646	2,520093	0,92	5,0278	8,27*
2	PR= a.DAP <sup>b</sup>	106	0,019489	2,661729	0,97	3,8095	6,26

\* O erro padrão residual foi recalculado para os modelos cujas variáveis dependentes passaram por transformação linear.

Os modelos não lineares e de simples entrada foram escolhidos para a determinação das estimativas de biomassa (Tabela 12), pois tiveram um bom desempenho quanto ao coeficiente de determinação (0,97), Syx% (menor que 10), boa distribuição de resíduos (Figura 14; Figura 15; Figura 16) e boa distribuição dos desvios a um eixo de 45° (Figura 17; Figura 18; Figura 19). Os três modelos

Tabela 12. Equações selecionadas para estimar biomassa total, aérea e de raízes.

DESCRIÇÃO	EQUAÇÕES	n	a	b	R <sub>aj</sub> <sup>2</sup>	S <sub>yx</sub>	S <sub>yx</sub> (%)
Biomassa Total	P = 0,140072*(DAP) <sup>2,671198</sup>	106	0,12825	2,657183	0,97	25,89	6,09
Biomassa aérea	PA = 0,12825*(DAP) <sup>2,657183</sup>	106	0,12825	2,657183	0,97	25,89	6,09
Biomassa de raízes	PR = 0,019489*(DAP) <sup>2,661729</sup>	106	0,019489	2,661729	0,97	3,8095	6,26

Os modelos explicaram 97% da variação dos dados, com erros de 6,79%, 6,09% e 6,26%, respectivamente em relação à média. Estes modelos são recomendáveis apenas para floresta densa de terra firme pelo fato de a amostragem ter sido realizada nesta tipologia florestal.

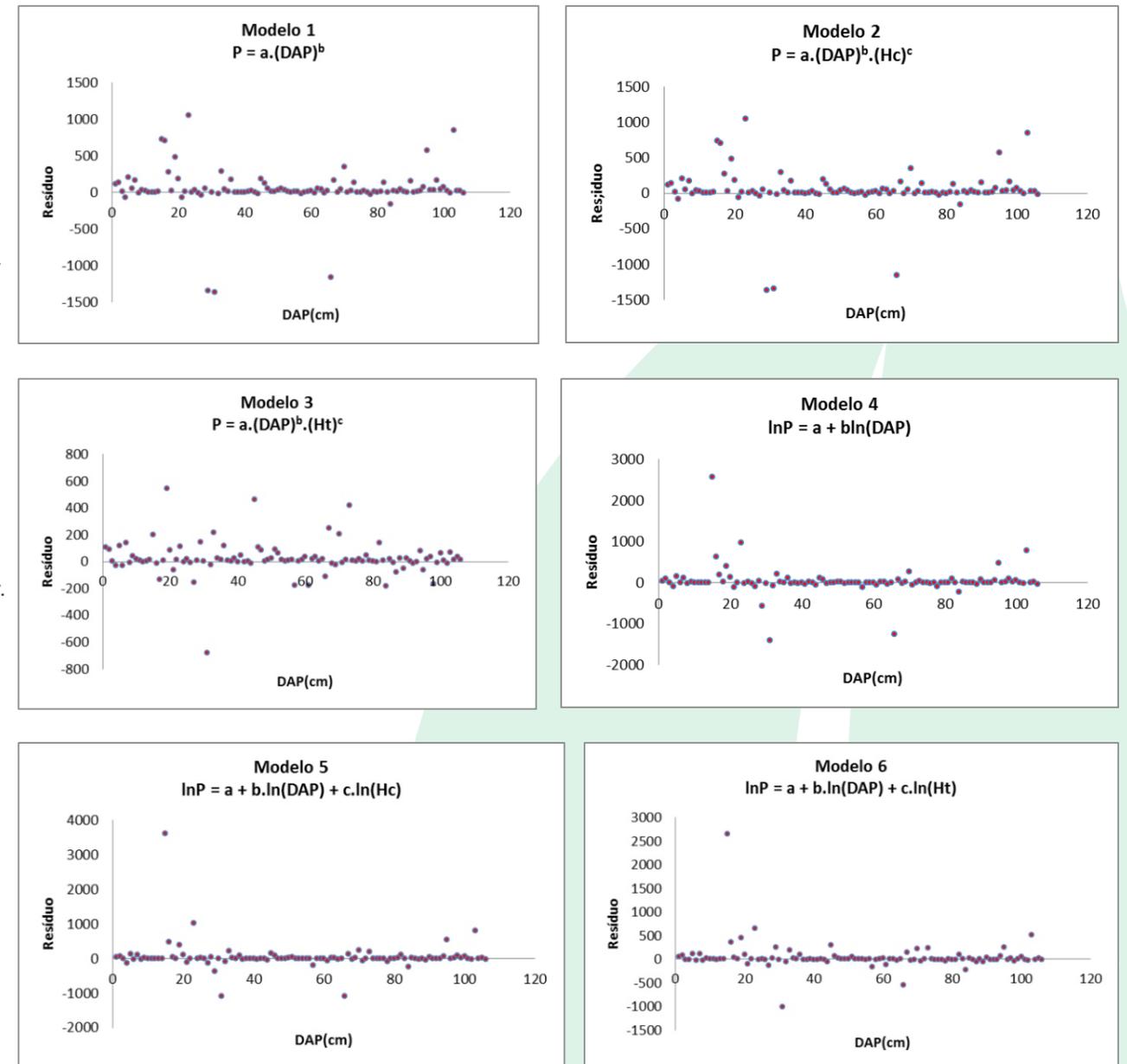


Figura 14. Distribuição de resíduos dos modelos de simples e dupla entrada de estimativa da biomassa total estudadas na Floresta Estadual do Amapá.

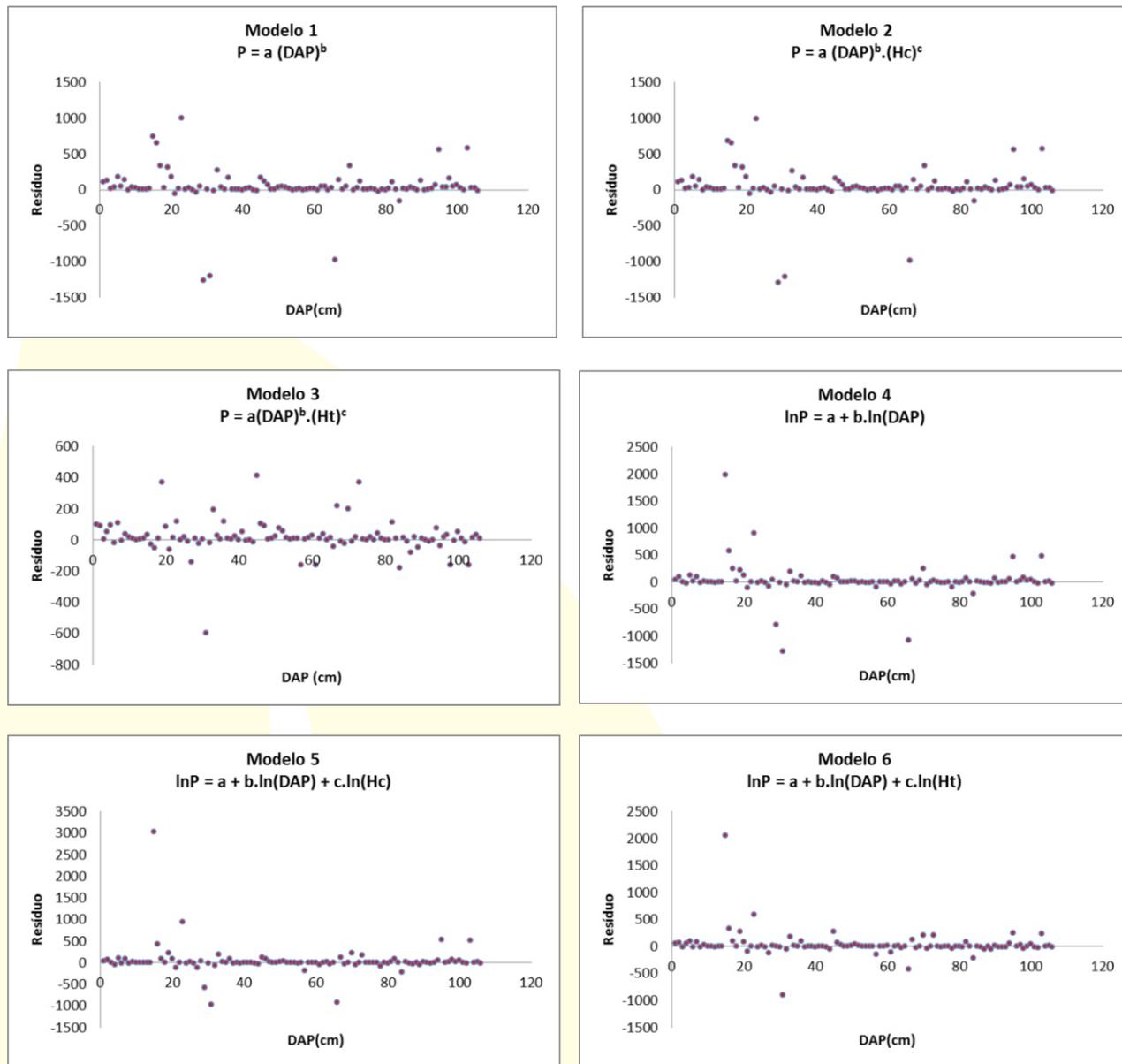


Figura 15. Distribuição de resíduos dos modelos de simples e dupla entrada de estimativa da biomassa aérea estudados na Flota do Amapá.

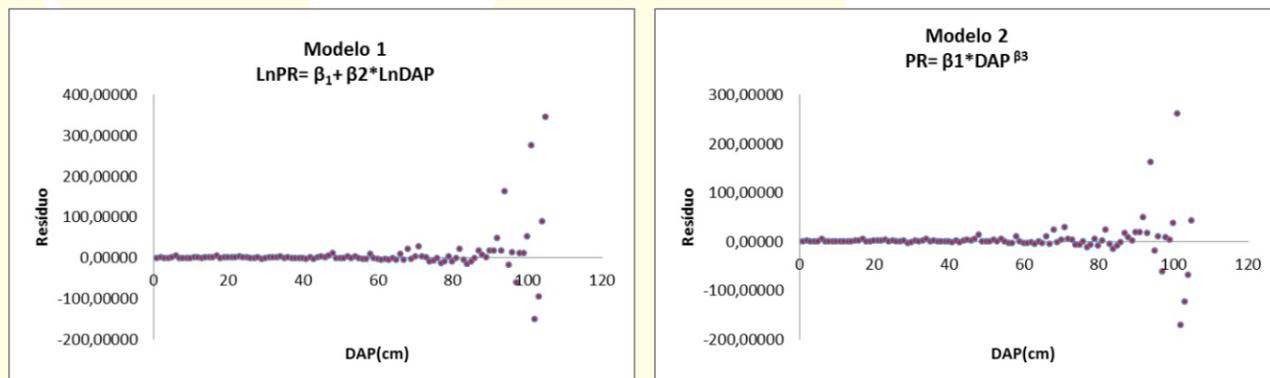


Figura 16. Distribuição de resíduos do modelo de simples entrada de estimativa da biomassa de raízes estudado na Flota do Amapá.

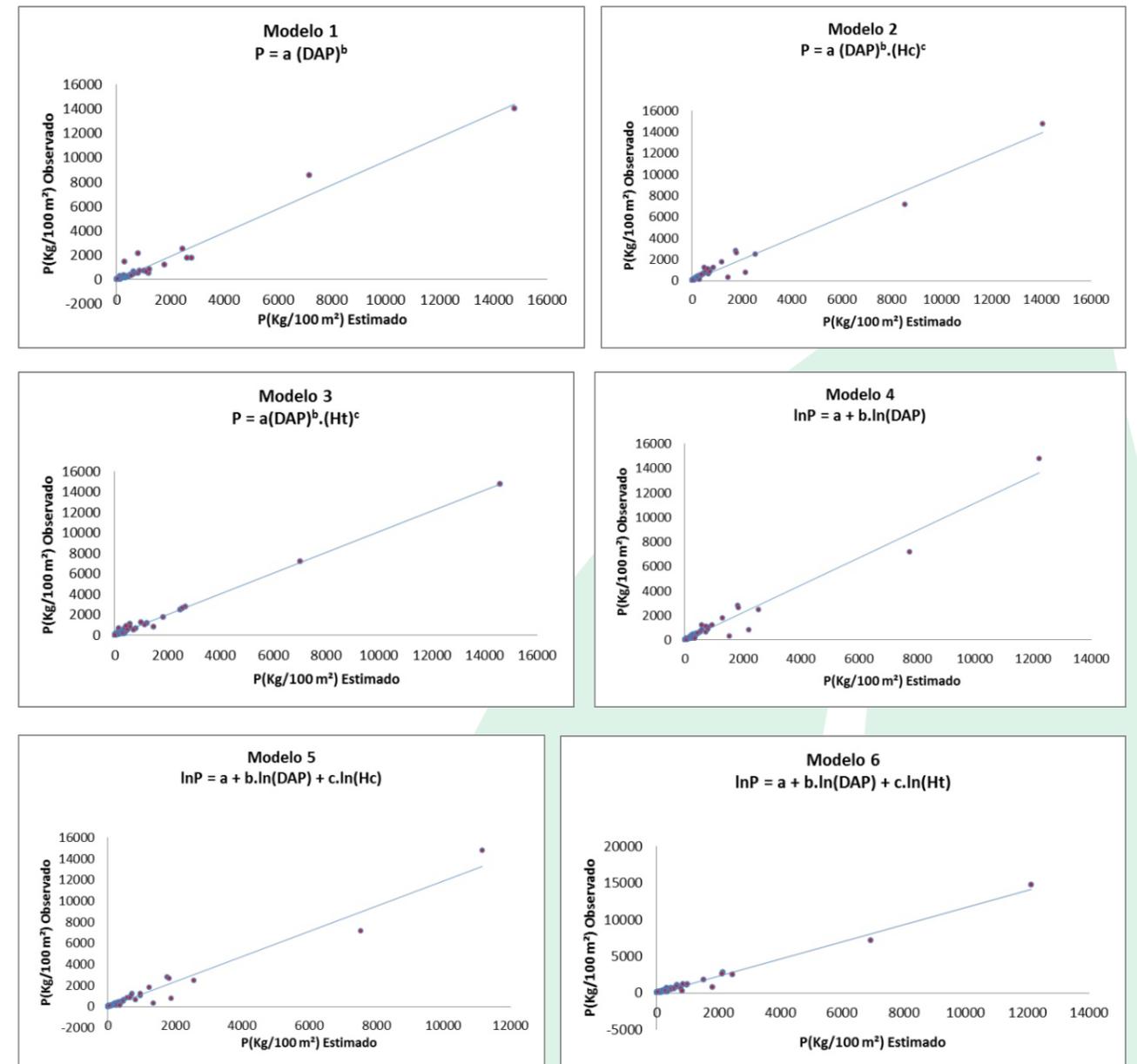


Figura 17. Desvios (em relação ao eixo de 45°) da biomassa total observada e estimada pelos modelos estudados na Flota do Amapá.

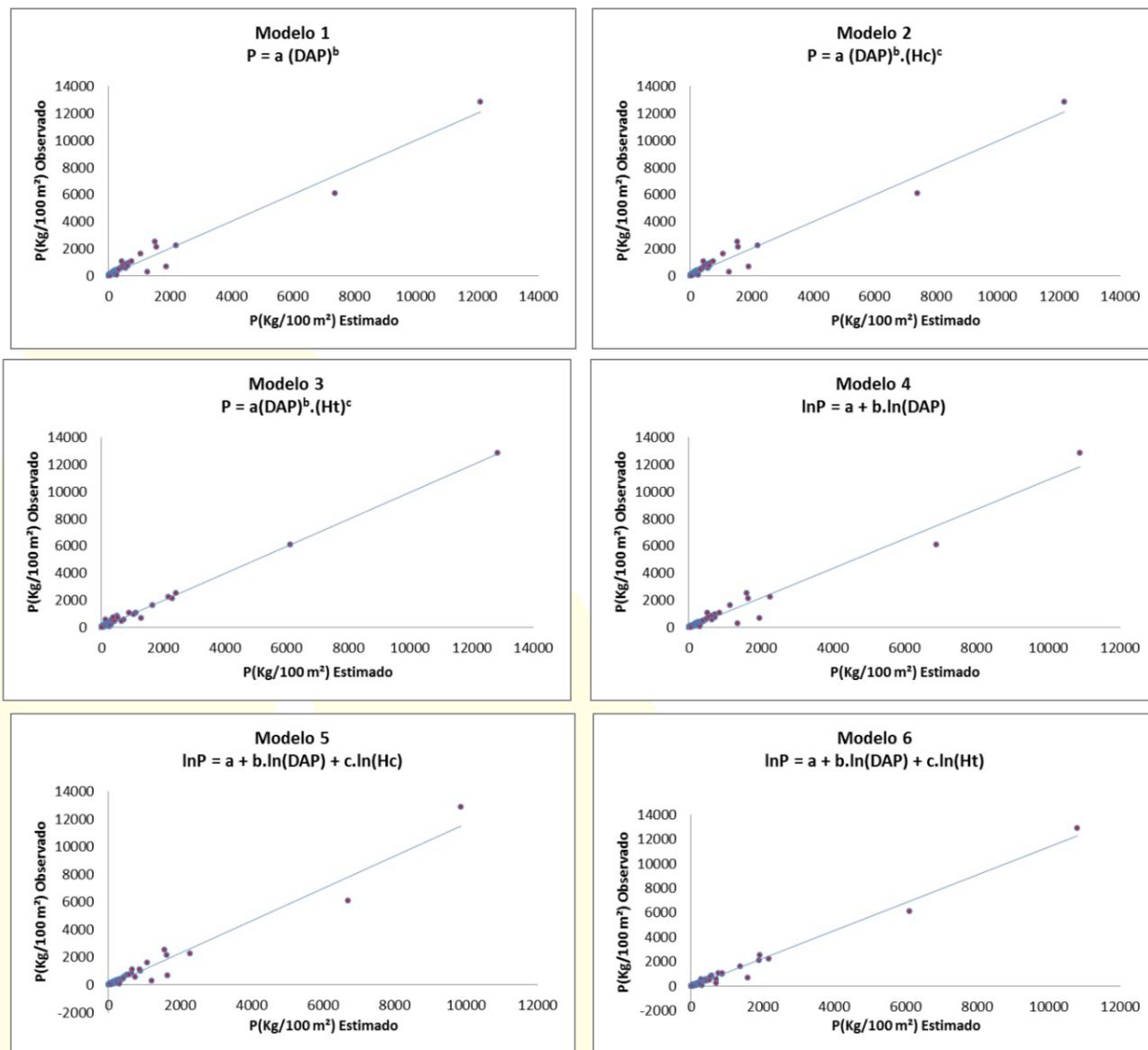


Figura 18. Desvios (em relação ao eixo de 45°) da biomassa aérea observada e estimada pelos modelos estudados na Flota do Amapá.

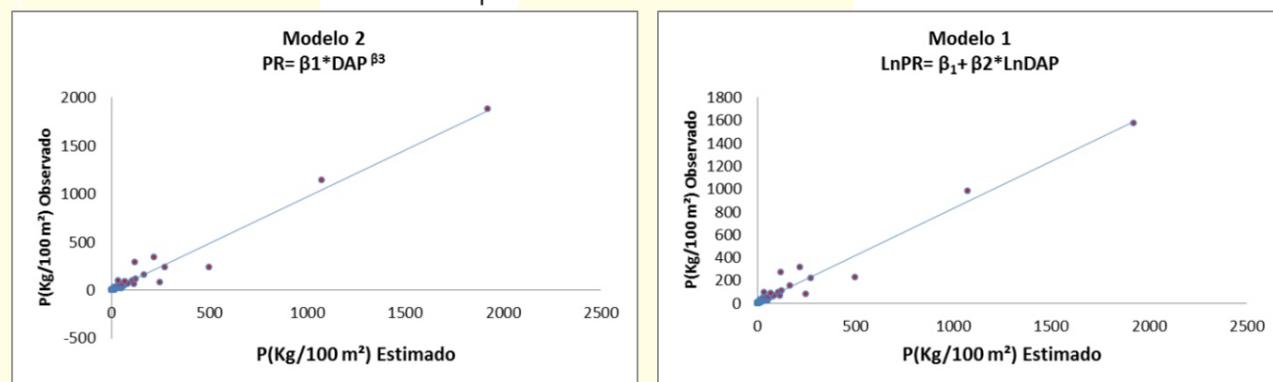


Figura 19. Desvios (em relação ao eixo de 45°) da biomassa de raízes observada e estimada pelos modelos estudados na Flota do Amapá

Todos os modelos testados obtiveram índices que podem ser utilizados para estimativa de biomassa fresca. Embora os modelos de dupla entrada, que consideram a altura das árvores, apresentem melhor precisão, foram escolhidos os de simples entrada, pois a diferença na precisão é muito pequena (apenas 2%) para justificar o maior esforço e custos necessários para sua utilização.

### 3.3 - INVENTÁRIO FLORESTAL

Foram inventariados 27.764 indivíduos em 587 parcelas. A média de DAP das árvores inventariadas foi de  $40,65 \pm 0,03$  cm considerando  $DAP \geq 10$  cm. Para o Estado do Amazonas, em 16 sítios levantados, segundo Lima (2010), o diâmetro médio das árvores com  $DAP \geq 10$  cm foi de  $21,9 \pm 0,40$  cm (IC 95%). A média de DAP das árvores deste estudo é superior a dos estudos do Amazonas. A análise desta variável é muito importante, pois é utilizada nas equações que estimam o estoque de carbono. Das árvores inventariadas, mais de 50% apresentaram DAP inferior a 40 cm e

Tabela 13. Distribuição de frequência das árvores inventariadas (n = 27.764).

LIMITES DE CLASSE	FREQUÊNCIA (UNIDADE)	%
10 < 20	3.771	13,49
20 < 30	7.194	25,93
30 < 40	4.596	16,57
40 < 50	4.707	16,98
50 < 60	2.780	10,03
60 < 70	1.928	6,95
70 < 80	1.131	4,08
80 < 90	589	2,12
90 < 100	509	1,84
>100	559	2,02
<b>Total</b>	<b>27.764</b>	<b>100</b>

### 3.4 - ESTIMATIVA DA BIOMASSA FRESCA NA FLOTA DO AMAPÁ

Segundo Ketterings et al. (2001), o uso de modelos para extrapolação das estimativas de biomassa são os métodos mais confiáveis, além de serem imprescindíveis para os estudos do balanço global de carbono.

Como os modelos alométricos testados apresentaram grande confiabilidade, o método indireto foi utilizado para estimar a biomassa.

As equações alométricas escolhidas foram aplicadas no banco de dados do inventário florestal. Para a Flota do Amapá as estimativas de biomassa fresca aérea contabilizam quase a

Tabela 14. Estimativas de biomassa fresca total (P), aérea (PA) e de raízes (PR) para a Flota do Amapá.

FLOTA	P (t/ha)	PA (t/ha)	PR (t/ha)
MÉDIA	720,67	622,75	96,43
DP	294,58	251,91	39,13
IC (95%)	23,83	20,35	3,17

Para Higuchi e Carvalho Jr. (1994) as estimativas baseadas em métodos diretos fornecem informações bastantes polêmicas, que podem superestimar ou subestimar os resultados. Desta forma, utiliza-se o intervalo de confiança para dar maior veracidade às informações. Segundo Brown et al. (1989), a determinação de biomassa por método direto é pesada e monótona. Desta forma, o pesquisador tende a escolher parcelas mais representativas, podendo superestimar os dados.

Klinge e Rodrigues (1973), pioneiros nessas análises, estudando uma parcela de 0,2 ha, relataram que a fitomassa acima do nível do solo é de 645 t/ha. Fearnside (1987), analisando trabalhos de inventários florestais publicados para a Amazônia, propôs uma estimativa de 254,5 t/ha. Brown e Lugo (1992) apresentaram estimativas para biomassa das florestas tropicais da Amazônia brasileira variando de 330 a 550 t/ha. Higuchi e Carvalho Jr. (1994) estimaram um peso de biomassa total de 436 t/ha. Os trabalhos citados apresentaram resultados visualmente inferiores às estimativas deste trabalho.

Dos quatro módulos da Flota, o III foi o que apresentou maior média de biomassa fresca total, aérea e de raízes (Tabela 15). O módulo I apresentou a menor média dessas biomassas.

Tabela 15. Estimativas (média ± IC 95%) e desvio padrão (DP) da biomassa total (P), aérea (PA) e de raízes (PR), em t/ha, para os módulos I, II, III e IV da Flota do Amapá.

BIOMASSA (t/ha)	MÓDULO I		MÓDULO II		MÓDULO III		MÓDULO IV	
	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
P	694,02 ± 66,23	302,22	730,34 ± 79,18	361,35	748,28 ± 45,55	325,33	703,1 ± 29,94	232,17
PA	598,99 ± 56,37	257,24	630,11 ± 67,58	308,4	646,62 ± 38,96	278,31	608,17 ± 25,70	199,27
PR	92,78 ± 8,77	40,03	97,62 ± 10,51	47,95	100,12 ± 6,05	43,23	94,14 ± 3,99	30,92

### 3.5 - ESTOQUE DE CARBONO NA FLOTA DO AMAPÁ

Para a análise dos estoques de carbono foram obtidos o teor de umidade e o teor de carbono.

#### 3.5.1 - Teor de umidade

Para a biomassa viva total de uma árvore com DAP ≥ 5 cm, o teor de umidade é de 47,9 ± 1,7%, ou seja, o peso seco (em estufa) corresponde a 52,1 ± 2,0% do peso fresco estimado. Higuchi e Carvalho Jr. (1994) encontraram teor de umidade de 40% para árvores da Amazônia. Silva (2007), em seus estudos para florestas primárias do Amazonas, encontrou para a biomassa total (aérea + raízes) de uma árvore um teor de umidade de 41,6 ± 1,3%, ou seja, o peso seco (em estufa) corresponde a 58,4% do peso fresco estimado. Isto significa que os resultados são similares e que há uma considerável quantidade de umidade na vegetação da Amazônia.

O maior teor médio de umidade analisado em árvores com DAP ≥ 5 cm refere-se ao tronco (Tabela 16). As folhas apresentam um teor médio de umidade muito baixo (Figura 20). Na análise da

Tabela 16. Teor médio de umidade (média ± IC 95%), em %, de cada parte de uma árvore (ARV – árvore, T – tronco, GG – galho grosso, GF – galho fino, F – folhas, RG – raízes grossas e RF – raízes finas).

PARTE DA ÁRVORE	TEOR MÉDIO DE UMIDADE (%)	DP	% INCERTEZA
T:ARV (PA)	56,5 ± 6,0	3,0	10,8
GG:ARV (PA)	17,7 ± 9,9	5,1	57,1
GF:ARV (PA)	21,7 ± 5,1	2,6	24,0
F:ARV (PA)	4,0 ± 0,9	0,5	23,4
RG:ARV (PR)	65,2 ± 3,7	1,9	5,8
RF:ARV (PR)	34,8 ± 3,7	1,9	10,9

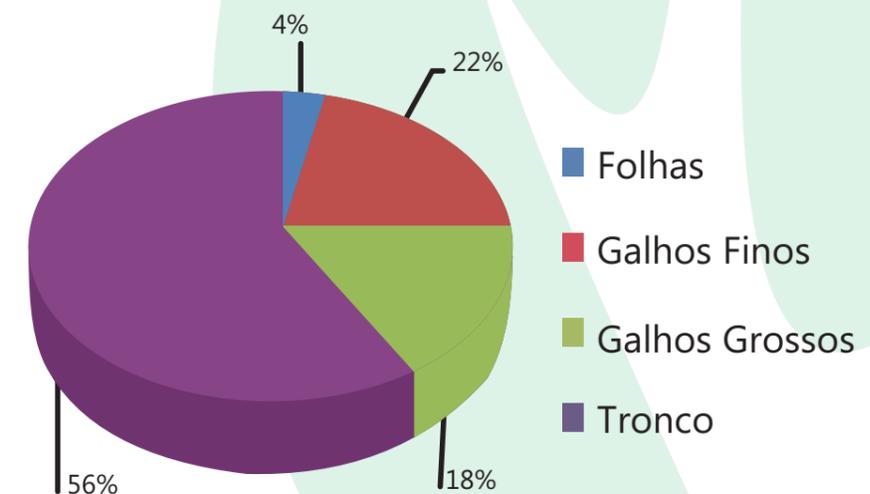


Figura 18. Contribuição (%) das partes das árvores com DAP ≥ 5cm para a biomassa viva acima do nível do solo na Flota do Amapá.

### 3.5.2 - Teor de carbono

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, em Inglês) adota um teor de 50% para transformar peso seco (em estufa) em carbono (IPCC, 2003). Para este estudo foram analisados dados de inventários de biomassa da região amazônica a fim de se adequar as informações para a tipologia florestal mais semelhante a da área amostrada. Desta forma, adotou-se o teor encontrado por Silva (2007) em estudos feitos para floresta primária no Estado do Amazonas, no qual foi obtido um teor de carbono ponderado por partes da árvore de  $48,5 \pm 0,9\%$  (IC 95%). A concentração de carbono na vegetação obtida por Higuchi e Carvalho Jr. (1994) foi em torno de 48%.

### 3.5.3 - Estoque de carbono

A determinação dos estoques de carbono nas florestas é o tema principal de trabalhos que tratam sobre mudanças climáticas. Porém, a falta de modelos alométricos para estimar a quantidade de carbono em extensas áreas ainda é a principal barreira. Alguns modelos testados por Santos (1996) e Higuchi et al., (1998) foram retestados por Araújo et al., (1999) e por Silva et al., (2007) estas informações vêm servindo de referência para estudos sobre biomassa e estoques de carbono em áreas da floresta amazônica.

Para a Flota do Amapá, a estimativa de estoque de carbono total para árvores com DAP > 10 é de  $182,10 + 6,02 \text{ t/C ha}^{-1}$ . Os estoques de carbono acima do nível do solo (Cabg) e total (Ctot) em 16 sítios estudados no Estado do Amazonas são, respectivamente,  $138,81 \pm 9,89 \text{ t/C ha}^{-1}$  e  $160,34 \pm 11,25 \text{ t/C ha}^{-1}$  (IC 95%) (LIMA, 2010).

Tabela17. Estimativas de estoque de carbono total (t/ha  $\pm$  IC 95%) para os módulos da Flota do Amapá.

	ESTOQUE DE CARBONO TOTAL (t/C ha <sup>-1</sup> )				
	MÓDULO I	MÓDULO II	MÓDULO III	MÓDULO IV	FLOTA
MÉDIA	175,37 $\pm$ 16,73	184,55 $\pm$ 20,01	189,08 $\pm$ 11,51	177,66 $\pm$ 7,57	182,10 $\pm$ 6,02
D PADRÃO	76,37	91,31	82,21	58,66	74,44

Os resultados mostram que a floresta densa de terra firme do Estado do Amapá apresenta um potencial substancial quanto ao estoque de carbono se for protegida.

## 3.6 - CUSTOS DO LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO PARA A QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA

O custo total para a realização do inventário de biomassa para a floresta ombrófila densa de terra firme foi de R\$ 188.454,10. Aproximadamente 70% destes referem-se ao levantamento da biomassa de raízes (Tabela 18).

Tabela18. Número de árvores amostradas, tempo de coleta e custos médios (média  $\pm$  IC 95%) para a execução do inventário de biomassa em floresta ombrófila densa de terra firme na Flota do Amapá.

VARIÁVEL	POR PARCELA	POR ÁRVORE	TOTAL
Número de árvores amostradas (DAP = 5 cm)	10,6 árvores	-	106 árvores
Tempo de coleta de dados no campo	8,9 dias	0,08 dias	89 dias
Custo para biomassa total	R\$ 18.845,41 $\pm$ 3.413,97	R\$ 1.883,23 $\pm$ 434,14	R\$ 188.454,10
Custo para biomassa aérea	R\$ 5.505,4 $\pm$ 1.267,91	R\$ 574,35 $\pm$ 173,66	R\$ 55.054,02
Custo para biomassa de raízes	R\$ 13.341,01 $\pm$ 3.334,56	R\$ 1.308,89 $\pm$ 365,47	R\$ 133.400,12

Nos estudos de Silva (2007) o custo médio de coleta por parcela em floresta primária no Estado do Amazonas foi de R\$ 9.600,00  $\pm$  1.762,00 (IC 95%), considerando a biomassa total (acima do solo e de raízes). O custo médio por árvore foi de R\$ 805,00  $\pm$  310,00 (IC 95%). Os baixos custos no estudo de Silva (2007) são atribuídos à contribuição para as atividades no campo dos estudantes dos cursos de pós-graduação que atuam nas pesquisas do LMF/Inpa.

## 4 - CONCLUSÕES

As estimativas de biomassa e de estoques de carbono em floresta densa de terra firme do Estado do Amapá foram realizadas conforme métodos que estão de acordo com o Guia do IPCC (2006).

A metodologia utilizada neste estudo para a coleta de campo, alometria e estimativas de biomassa e estoques de carbono da vegetação pode ser replicada para outras florestas densas de terra firme do estado, pois as amostragens foram feitas para esta tipologia.

Sobre a intensidade de amostragem, concluiu-se que 10 parcelas de 10 x 10 m são suficientes para manter o limite de erro inferior a 10%. Cada parcela apresentou uma média de 10,6 árvores com DAP  $\geq$  5 cm.

As parcelas fixas foram usadas para garantir a sistematização de coleta de dados para alometria, para facilitar o cálculo de algumas relações entre biomassa viva e morta e a contribuição das mudas, cipós e palmeiras. No entanto, confirmou-se que aproximadamente 100 árvores são suficientes para manter o limite de erro inferior a 10%.

A biomassa total da floresta densa de terra firme pode ser estimada utilizando-se as equações ajustadas de simples entrada (DAP como variável independente) e de dupla entrada (DAP e Ht). A de simples entrada produziu coeficiente de determinação (Raj2 em %) igual a 97% e erro padrão de estimativa (Syx em %) igual a 6,79%. Para a de dupla entrada, esses indicadores foram: Raj2 = 99% e Syx% = 2,92%. A variável altura total acrescentou pouco à precisão e confiabilidade das equações de simples entrada. O desempenho da equação de simples entrada demonstra que com apenas a medição do diâmetro é possível estimar a biomassa e calcular o estoque de carbono desta tipologia.

O custo total para a realização do inventário de biomassa para a floresta ombrófila densa de terra firme foi de R\$ 188.454,10. Aproximadamente 70% destes referem-se ao levantamento da biomassa de raízes. Considerando que a biomassa de raízes representa aproximadamente 27% da biomassa total, este estudo indica que o levantamento da parte aérea tem um melhor custo-benefício para projetos que necessitem da estimativa de carbono florestal.

As estimativas de biomassa e, conseqüentemente, os estoques de carbono obtidos neste estudo são superiores aos de outros estudos feitos com a mesma metodologia para floresta densa

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMANN, F.L. Recursos minerais do Território Federal do Amapá. Rio de Janeiro, Impr. Nacional, 30 p., 1948.

ARAÚJO, T. M.; HIGUCHI, N.; CARVALHO Jr., J. A. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest in the state of Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management*, v.117, p.43-52, 1999.

ASNER, G., KELLER, M., PEREIRA, R., ZWEEDE, J. Remote Sensing of selective logging in Amazonia assessing limitations based on detailed field observations, Landsat ETM+, and textural analysis. *Remote Sensing of Environment*, 80, p. 483-496, 2002.

BROWN, S.; GILLESPIE, A. J.; LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data. *Forest Science*, 35(4):881-902, 1989.

BROWN, S.; LUGO, A. E. Aboveground Biomass Estimates for Tropical Moist Forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia*. V. 17, n.1, 9 p., 1992.

COUTERON, P.; PELISSIER, R.; NICOLINI, E. A.; PAGET, D. Predicting tropical forest stand structure parameters from Fourier transform of very high-resolution INPE ePrint: sid.inpe.br/mtc-m19@80/2009/11.30.14.03 v1 2009-12-01. remotely sensed canopy images. *Journal of Applied Ecology*, v. 42, n. 6, p. 1121-1128, 2005.

DRAPER, N. SMITH, H. *Applied Regression Analysis*. John Wiley & Sons, Inc., EUA. 407 p., 1966.

DRUMMOND, J.A., DIAS, T.C.A.C., BRITO, D.M.C. Atlas da Unidade de Conservação do Estado do Amapá. Macapá: MMA/IBAMA-AP: GEA/SEMA, 2008.

ECOTUMUCUMAQUE. Estudo de Impacto Ambiental: Pequena Central Hidrelétrica Capivara. Serra do Navio/AP. Relatório Técnico. Macapá/AP: Ecotumucumaque, 591 p., 2008.

ECOTUMUCUMAQUE. Estudo de Impacto Ambiental: Aproveitamento Hidrelétrico de Ferreira Gomes. Relatório Técnico. Macapá/AP: Ecotumucumaque, 2009.

ECOTUMUCUMAQUE. Estudo de Impacto Ambiental: Aproveitamento Hidrelétrico de Cachoeira Caldeirão. Relatório Técnico. Macapá/AP: Ecotumucumaque, 2010.

FAO. *Global Forest Products Outlook Study*. Rome: Food and Agriculture Organization. 2000.

FERNESIDE, P.M. "Summary of progress in quantifying the potential contribution of Amazonian deforestation to the global carbon problems". In: *Anais do Workshop Biogeochemistry of Tropical Rain Forests: Problems for Research*. Piracicaba. pp. 75-82, 1987.

FERNESIDE, P.M. Amazonian deforestation and global warming: carbon stocks in vegetation replacing Brazil's amazon forest. *Forest Ecology and Management*, 80:21-34, 1996.

GOMES SOBRINHO, T.R, Classificação climática de Caravelas – BA conforme metodologia de Koppen, *Revista Segmentos*, Teixeira de Freitas, 2008.

HAYASHI, S.; SOUZA JÚNIOR, C.; SALES, M.; VERÍSSIMO, A. *Transparência Florestal- Amazônia Legal*, Imazon, 2012.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: *Companhia Vale do Rio Doce (ed.). Emissão e sequestro de CO2: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil*, Rio de Janeiro: 125-153, 1994.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. M. dos, IMANAGA, M.; YOSHIDA, S. Aboveground biomass estimate for Amazonian dense tropical moist forests. *Memoirs of the Faculty of Agriculture, Kagoshima* 30(39):43-54, 1994.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazônica*, 28 (2):153-166, 1998.

INAM. Relatório do Inventário Florestal Amostral da Floresta Estadual do Amapá. Amapá. 176 p., 2010.

INPE. Disponível em: [http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes\\_1988\\_2011.htm](http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2011.htm). Acesso em 24 abr. 2012.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Good practice guidance for land use, land-use changes and forestry. Kanagawa, Japan, Institute for Global Environmental Strategies. 2003.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Em CD ou no site: <[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)>. 2006.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2012 disponível em: <http://www.ipcc.ch>. Acesso em 20 fev. 2012.

KERR, J. T.; OSTROVSKY, M. From space to species: ecological applications for remote sensing. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 18, n. 6, p. 299-305, 2003.

KETTERINGS, Q. M.; COE, R.; NOORDWIJK, M. van.; AMBAGAU, Y.; PALM, C. A. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 146, p. 199-209, 2001.

KLINGE, H. & W. A. RODRIGUES. 1973. Biomass estimation in a Central Amazonian rain forest. *Acta Científica Venezuelana* 24: 225-237. 1973.

KLOCK, U. E. MUÑIZ, G. I. B; HERNANDEZ, J.A.; ANDRADE, A.S. Química da madeira - Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 3ª edição revisada, 2005.

LEITE, F.P.; VELOSO, P.H.; FILHO, G.L.- As Regiões Fitoecológicas, sua Natureza e seus Recursos Econômicos: estudo Fitogeográfico. DNPM/Projeto RADAM - folhas NA/NB. 22 Macapá, Programa de Integração Nacional, Rio de Janeiro, 1974.

LIMA, A.J.N. Avaliação de um sistema de inventário florestal contínuo em áreas manejadas e não manejadas do Estado do Amazonas (AM). Manaus: [s.n.], 183 p., 2010.

NETER, J.; WASSERMAN, W. Applied Linear Statistical Models: Regression, Analysis of Variance and Experimental Designs. Richard D. Irwin, Inc. 842p., 1974.

PERES, R.N.; SERRUYA, N.M.; VIEIRA, L.S.- Levantamento Exploratório de Solos. DNPM/Projeto RADAM- folhas NA/NB. 22 Macapá, Programa de Integração Nacional, Rio de Janeiro, 1974.

SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Eds.). *As florestas e o carbono*. Curitiba: [s.n.], p. 119-140, 2002.

SANTOS, J. Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 121 p., 1996.

SCHROEDER, P. E.; WINJUM, J. K. Assessing Brazil's carbon budget: II. Biotic fluxes and net carbon balance. *Forest Ecology and Management*, v. 75, p. 87-99, 1995.

SILVA, R.P. Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM). Tese (Doutorado). INPA/UFAM. Manaus. 152 p. 2007.

# Anotações