



## Protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Florestas  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## **Documentos 266**

# **Protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal**

Rosana Clara Victoria Higa  
Denise Jeton Cardoso  
Guilherme de Castro Andrade  
Josiléia Acordi Zanatta  
Luiz Marcelo Brum Rossi  
Karina Pulrolnik  
Maria Luiza Franceschi Nicodemo  
Marilice Cordeiro Garrastazu  
Steel Silva Vasconcelos  
Suzana Maria de Salis

Embrapa Florestas  
Colombo, PR  
2014

Embrapa Florestas  
Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba,  
83411-000, Colombo, PR - Brasil  
Caixa Postal: 319  
Fone/Fax: (41) 3675-5600  
www.embrapa.br/florestas  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações da Unidade  
Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos  
Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida  
Membros: Alvaro Figueredo dos Santos, Claudia Maria Branco de  
Freitas Maia, Elenice Fritzsos, Guilherme Schnell e Schuhl, Jorge  
Ribaski, Luis Claudio Maranhão Froufe, Maria Izabel Radomski,  
Susete do Rocio Chiarello Penteado

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos  
Revisão de texto: Patrícia Póvoa de Mattos  
Normalização bibliográfica: Francisca Rasche  
Editoração eletrônica: Rafele Crisostomo Pereira  
Projeto gráfico da capa: Embrapa Pecuária Sudeste  
Autoria das figuras presentes nesta publicação:  
Betina Kellermann (Figura 1); Denise Jeton Cardoso (Figuras 2, 3,  
5 e 9A); Marilice Cordeiro Garrastazu (Figura 4); Regina Rodrigues  
(Figuras 6 e 7).

1ª edição - versão eletrônica (2014)

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

**Embrapa Florestas**

---

Protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal [recurso  
eletrônico] / Rosana Clara Victoria Higa... [et al.]. Dados eletrônicos - Colombo :  
Embrapa Florestas, 2014.  
(Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; 266)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>

Título da página da web (acesso em 09 mar. 2015).

1. Biomassa florestal. 2. Carbono. 3. Método. I. Higa, Rosana Clara Victoria.  
II. Cardoso, Denise Jeton. III. Andrade, Guilherme de Castro. IV. Zanatta, Josiléia  
Acordi. V. Rossi, Luiz Marcelo Brum. VI. Pulrolnik, Karina. VII. Nicodemo, Maria Luíza  
Franceschi. VIII. Garrastazu, Marilice Cordeiro. IX. Vasconcelos, Steel Silva. X. Salis,  
Suzana Maria de. XI. Série.

CDD 546.681 (21. ed.)

---

© Embrapa 2014

# **Autores**

**Rosana Clara Victoria Higa**

Engenheira-agrônoma, Doutora,  
Pesquisadora da Embrapa Florestas  
rosana.higa@embrapa.br

**Denise Jeton Cardoso**

Engenheira Florestal, Doutora,  
Pesquisadora da Embrapa Florestas  
denise.cardoso@embrapa.br

**Guilherme de Castro Andrade**

Engenheiro Florestal, Doutor,  
Pesquisador da Embrapa Florestas  
guilherme.andrade@embrapa.br

**Josiléia Acordi Zanatta**

Engenheira-agrônoma, Doutora,  
Pesquisadora da Embrapa Florestas  
josileia.zanatta@embrapa.br

**Luiz Marcelo Brum Rossi**

Engenheiro Florestal, Doutor,  
Pesquisador da Amazônia Ocidental  
marcelo.rossi@embrapa.br

**Karina Pulrolnik**

Engenheira Florestal, Doutora,  
Pesquisadora da Embrapa Cerrados  
karina.pulrolnik@embrapa.br

**Maria Luiza Franceschi Nicodemo**

Médica Veterinária e Zootecnista, Doutora,  
Pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste  
marialuiza.nicodemo@embrapa.br

**Marilice Cordeiro Garrastazu**

Engenheira Florestal, Mestre,  
Pesquisadora da Embrapa Florestas  
marilice.garrastazu@embrapa.br

**Steel Silva Vasconcelos**

Engenheiro-agronômico, Doutor,  
Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental  
steel.vasconcelos@embrapa.br

**Suzana Maria de Salis**

Bióloga, Doutora,  
Pesquisadora da Embrapa Pantanal  
suzana.salis@embrapa.br

# Sumário

<b>Introdução</b> .....	<b>7</b>
1. Conceitos-chave .....	9
Biomassa .....	9
Estoques de carbono .....	11
Estágio sucessional da floresta natural.....	12
2. Como estimar a biomassa florestal?.....	14
3. Biomassa acima do solo .....	15
3.1. Processo de amostragem .....	15
3.2. Intensidade amostral.....	18
3.3. Área e forma das parcelas .....	20
3.4. Procedimentos para instalação da parcela.....	26
3.5. Variáveis a medir .....	31
3.6. Procedimentos para coleta de informações de palmeiras, fetos arborescentes, bambus, lianas .....	34
3.7. Lista de material e equipamentos.....	36
4. Necromassa .....	44
4.1. Definição .....	44
4.2. Método de amostragem .....	45
4.3. Variáveis a medir .....	47
4.4. Equipamentos e material .....	47
5. Serrapilheira .....	48
5.1. Definição .....	48
5.2. Método de amostragem .....	49
5.3. Equipamentos e material .....	50

# Sumário

6. Biomassa de raízes .....	50
6.1. Amostragem destrutiva.....	50
6.2. Equações e relações biomassa aérea/biomassa de raízes .....	51
7. Área mínima das unidades amostrais e intensidade amostral mínima .....	52
8. Fichas de campo .....	57
9. Equipamentos de segurança .....	58
10. Estimativas do estoque de biomassa e carbono na biomassa..	59
<b>Referências .....</b>	<b>68</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>73</b>

# Protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal

---

*Rosana Clara Victoria Higa*

*Denise Jeton Cardoso*

*Guilherme de Castro Andrade*

*Josiléia Acordi Zanatta*

*Luiz Marcelo Brum Rossi*

*Karina Pulrolnik*

*Maria Luiza Franceschi Nicodemo*

*Marilice Cordeiro Garrastazu*

*Steel Silva Vasconcelos*

*Suzana Maria de Salis*

## Introdução

A Convenção da ONU para o Clima estabeleceu que os países industrializados adotassem metas de redução das emissões para o conjunto de suas economias. O Brasil, numa ação voluntária, avançou consideravelmente, estabelecendo a Lei nº 12.187, de 29/12/2009, instituindo a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC (BRASIL, 2009), exercendo liderança nas discussões sobre o mecanismo de redução de emissões por desmatamento e degradação (REDD), e assumindo voluntariamente ações nacionais de redução das emissões dos gases de efeito estufa (GEE) (NAMAS). Como alternativa de mitigação, tanto os países desenvolvidos quanto os emergentes concordam que as florestas têm papel fundamental na redução de emissões globais de GEE.

As florestas do mundo têm importantes efeitos sobre os níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera, estimando-se que, apenas em sua biomassa, estejam armazenados 283 gigatoneladas (Gt) de carbono (FAO, 2010) que, somado ao carbono armazenado na necromassa, serrapilheira e no solo, é mais do que a quantidade de carbono presente na atmosfera (SOLOMON et al., 2007). A



*Food and Agriculture Organization (FAO, 2007)* aponta que a quantidade de carbono atmosférico transformada em biomassa florestal foi estimada em 25-30 Gt.ano<sup>-1</sup>. Na condição tropical do Brasil, esse potencial deve ser ainda maior, devido às condições edafoclimáticas favoráveis se comparado a regiões temperadas.

O Brasil pode ser considerado um país florestal, com aproximadamente 524 milhões de ha de florestas (61,5% do seu território) o que representa a segunda maior área de florestas do mundo (27%), atrás apenas da Rússia. Apesar das florestas plantadas muitas vezes serem estabelecidas em áreas marginais, ainda assim quase sempre aumentam os estoques de carbono no solo, enquanto a retirada da floresta, na maioria das vezes, diminui os estoques de carbono (FAO, 2010).

Apesar dos inestimáveis avanços científicos obtidos nos estudos com florestas, o Brasil não dispõe de informações representativas em escala nacional sobre a capacidade das florestas naturais e plantadas em acumular C na biomassa florestal. Essa tarefa depende de um esforço significativo de padronizações metodológicas dentro do contexto político de mudanças climáticas para subsidiar o país nos compromissos assumidos nesse tema. O painel intergovernamental de mudanças climáticas (IPCC) tem produzido guias metodológicos que devem ser seguidos ou adaptados para esse fim.

Atualmente, o plantio de florestas comerciais tem recebido incentivos no país, mas também carece de informações completas para permitir a estimativa do balanço de carbono e do potencial de mitigação, o que é imprescindível para as aspirações da PNMC.

Diante das todas essas questões-chave para o sucesso de projetos de monitoramento, e mesmo de programas de mitigação das emissões de GEE, é necessário que o Brasil desenvolva estratégias de acompanhamento dos estoques de carbono

armazenado na biomassa florestal. Para isso, faz-se necessário um amplo esforço de pesquisa para refinar as estimativas dos estoques de C na vegetação nativa, assim como em florestas plantadas, adotando o mesmo protocolo de medidas. Essas medidas são particularmente importantes para as florestas naturais, pois representam a condição de linha de referência dentro dos estudos de mitigação de GEE.

O objetivo deste documento é padronizar e orientar as medições de biomassa florestal para obtenção da estimativa do C armazenado. O documento baseou-se na experiência de campo dos pesquisadores envolvidos em sua elaboração e, também, em guias de campo elaborados por outras instituições de pesquisa. Aqui são abordados os procedimentos para coleta de informações, além daqueles próprios para a estimativa da biomassa acima e abaixo do solo, serrapilheira e necromassa de florestas naturais, florestas plantadas e sistemas de integração envolvendo o componente florestal. Foram considerados para a mensuração os principais reservatórios de carbono em formações florestais. Os estoques de C do solo serão tratados em documento específico.

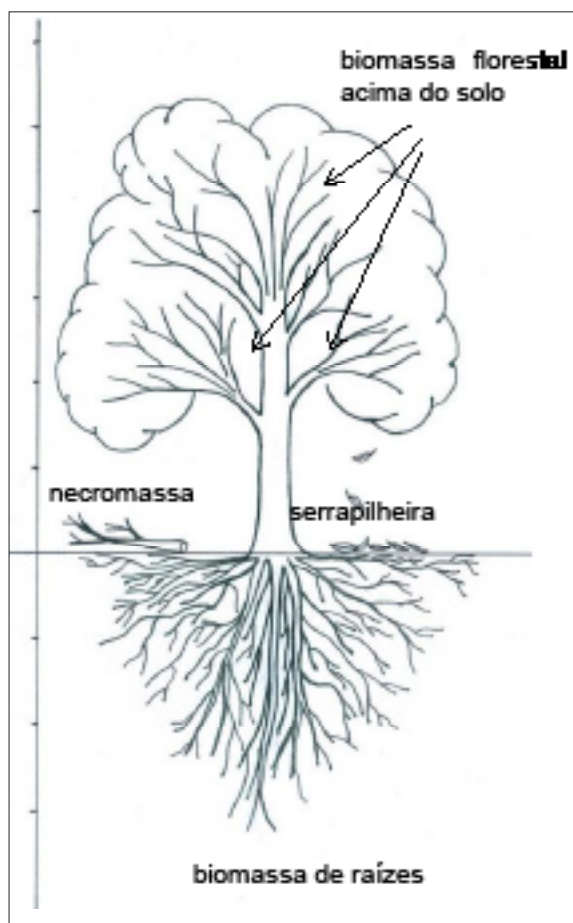
## **1. Conceitos-chave**

O termo floresta pode ter diferentes definições, dependendo do objetivo ou do local. Na convenção do clima, cujos objetivos convergem com os deste protocolo, a floresta é definida como: uma área de terra com um tamanho mínimo de 0,05 a 0,1 ha, cuja cobertura do dossel é maior do que 10% a 30% e as árvores têm potencial para atingir alturas mínimas de 2m a 5 m quando maduras (EGGLESTON et al., 2006).

### **Biomassa**

O termo biomassa é aplicado para o total de matéria orgânica, morta ou viva, tanto acima quanto abaixo do solo, existente nos organismos (animais ou vegetais) de uma determinada comunidade. Em florestas, a biomassa viva inclui tronco, galhos,

raízes, cascas, sementes e folhagens. A biomassa morta inclui serrapilheira, galhos e troncos caídos, além da biomassa morta abaixo do solo (Figura 1). A biomassa total é a soma de todos esses componentes. Biomassa florestal é o componente arbóreo e fitomassa de todos os componentes vegetais da comunidade, expressa em massa de matéria seca (MS) por unidade de área ( $\text{Mg MS ha}^{-1}$ ).



**Figura 1.** Representação gráfica de uma árvore com a indicação dos principais reservatórios de carbono.

A biomassa total de um povoamento florestal depende da idade, condições edafoclimáticas e histórico de uso. A complexidade da abordagem de todas essas variáveis em conjunto dificulta a construção de modelos para o uso em escala de paisagem.

Segundo Birdsey (2006), a mensuração da biomassa florestal, seja em florestas plantadas ou naturais, implica na quantificação de quatro reservatórios de carbono: biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo (raízes), serrapilheira e necromassa. Alguns autores ainda consideram o C do solo como um reservatório ligado à biomassa da floresta, no entanto, a metodologia para avaliação deste compartimento será abordada em protocolo específico.

### **Biomassa acima do solo**

Inclui troncos, tocos, galhos, copa, sementes e folhas.

### **Biomassa abaixo do solo**

Inclui raízes vivas, excluindo aquelas com diâmetro  $< 2$  mm, pois estas não podem ser distinguidas da matéria orgânica do solo.

### **Serrapilheira**

Inclui toda a biomassa morta acima do solo, inclusive madeira morta com diâmetro inferior a 2 cm, em vários estágios de decomposição.

### **Necromassa**

Inclui toda a biomassa lenhosa morta caída no chão da floresta, que não faz parte da serrapilheira. Inclui o que já está caído no solo e também preso às árvores ou em pé, com diâmetro superior a 2 cm.

### **Estoques de carbono**

O estoque de carbono representa a quantificação da massa de carbono (C) encontrada nas frações da biomassa das florestas.

O C encontra-se estocado nos diversos “compartimentos” de biomassa e representa, em média, 47% da massa seca da biomassa total, ou seja, do somatório da biomassa acima e abaixo do solo, serrapilheira e necromassa.

As concentrações de C nos compartimentos, geralmente, são pouco variáveis e, portanto, o valor de 47% indicado pelo IPCC pode ser aplicado como valor padrão. Todavia, para melhores estimativas pode-se adotar os valores indicados para cada compartimento ou proceder à análise individual dos teores de carbono de cada compartimento. Para fins deste protocolo, recomenda-se realizar as análises dos teores de carbono da serrapilheira e da necromassa, bem como das frações galhos finos e folhas, principalmente para as condições onde não existem informações disponíveis sobre essa variável. Para os demais compartimentos de tronco e galhos grossos, bem como para os compartimentos de biomassa das florestas naturais obtidos por meio de equações alométricas, deve-se adotar os valores recomendados pelo IPCC (EGGLESTON et al., 2006).

Para realizar a análise da concentração de C no compartimento de interesse, amostras representativas deste compartimento devem ser obtidas por amostragem direta. Uma vez obtida a quantidade de carbono existente em cada um dos compartimentos, procede-se o somatório para estimar o estoque de carbono total na floresta por unidade de área.

### **Estágio sucessional da floresta natural**

Um dos propósitos da avaliação do estoque de carbono em florestas é conhecer o potencial de florestas nativas não alteradas ou em estágio clímax de desenvolvimento, assumindo-o como o estoque de carbono possível de ser armazenado em uma área florestal em situação de equilíbrio.

Neste contexto, para saber se uma floresta apresenta uma configuração inalterada ou primária, é importante conhecer sua dinâmica de desenvolvimento, que é o processo pelo qual as espécies de árvores se regeneram e se desenvolvem naturalmente.

As espécies arbóreas podem ser classificadas em quatro grupos ecológicos, de acordo com suas exigências fisiológicas e com as diferentes funções a desempenhar na formação de uma floresta: pioneira, secundária inicial, secundária tardia e clímax. Ferreti (2002) descreve resumidamente estes grupos, conforme abordado a seguir.

As espécies pioneiras têm crescimento rápido, são muito intolerantes à sombra, sendo encontradas principalmente em grandes clareiras. A maioria dessas espécies têm vida curta, de 3 a 10 anos. Uma das pioneiras mais comuns é a embaúba (*Cecropia* spp.).

As espécies secundárias geralmente produzem sementes que estão prontas para germinar ao chegarem ao solo, formando o que se chama de banco de plântulas. Suas sementes germinam à sombra, mas necessitam de luz para crescer. Nesta busca por luz, chegam ao dossel da floresta, sendo chamadas de árvores emergentes. A copa dessas árvores geralmente está exposta ao vento, o que explica o desenvolvimento de estruturas adaptadas para a dispersão de suas sementes pelo vento. Um exemplo de espécie secundária é o cedro (*Cedrela fissilis*), cujo fruto se abre liberando sementes dotadas de uma pequena "asa", que facilita a dispersão.

As secundárias iniciais, como o guapuruvu (*Schizolobium parahyba*), crescem rápido como as pioneiras, porém não formam banco de sementes. As secundárias tardias, como o jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis*) são mais tolerantes à sombra, têm crescimento mais lento e um ciclo de vida mais

longo que as secundárias iniciais. As espécies secundárias são raras na floresta madura, com poucas árvores adultas por unidade de área.

As espécies clímax, assim como as secundárias, formam banco de plântulas, mas não necessitam da luz disponível em clareiras para se desenvolver. Essas espécies completam todo o seu ciclo de vida à sombra. Por isso, suas copas geralmente estão abaixo das grandes árvores. A imbuia (*Ocotea porosa*), o óleo-de-copaíba (*Copaifera langdorffii*) e o palmitheiro (*Euterpe edulis*) são exemplos de espécies clímax.

## 2. Como estimar a biomassa florestal?

Nos estudos de mensuração dos estoques de C de florestas, um dos aspectos mais importantes é a estimativa da biomassa, que deve ser obtida de forma a ser a mais próxima possível dos valores reais, sem custos excessivos (BROWN, 1997; SANQUETTA et al., 2002). Em muitos estudos, os inventários florestais piloto têm sido usados como ponto de partida para estimar a biomassa aérea. Para os estudos em que a estimativa da biomassa abaixo do solo é realizada por meio de estimativas a partir da biomassa acima do solo, os cuidados com uma mensuração adequada e representativa devem ser redobrados.

A avaliação da quantidade de biomassa, incluindo parte aérea e sistema radicular, pode ser realizada tanto pelo método direto de amostragem destrutiva, quanto pela utilização de equações alométricas (método indireto) (SILVEIRA et al., 2008). Neste último caso, a biomassa pode ser inferida através da extrapolação de mensurações em nível de parcela, de variáveis estruturais de fácil obtenção, como o diâmetro, altura e a densidade da madeira das espécies, baseando-se em relações alométricas que relacionam tais variáveis com o conteúdo em biomassa e carbono das árvores (BROWN, 1997; CHAVE et al., 2005; TIEPOLO et al., 2002).

O método direto de determinação da biomassa florestal implica em medida real efetuada diretamente na biomassa, como, por exemplo, a pesagem do fuste inteiro da árvore. Apesar da sua aplicação em estudos específicos e necessários para obtenção de bons métodos indiretos (equações alométricas), os métodos diretos não são aplicáveis em grandes áreas. Mais do que a dificuldade nas determinações pelo método direto, a amostragem destrutiva para florestas naturais em qualquer estágio sucessional requer autorizações específicas expedidas pelo órgão ambiental.

A descrição dos procedimentos necessários para as determinações e/ou estimativas da biomassa florestal em cada um dos compartimentos mencionados acima é descrita a seguir, considerando particularidades das florestas naturais e plantadas, em função das características diferentes quanto à configuração destes tipos de cobertura florestal. Serão descritos métodos diretos e indiretos, todavia, a medição direta se destina a plantios florestais. Sugere-se também, para informações complementares, o “Guia de Campo para estimativa de biomassa florestal e estoque de carbono”, elaborado por Walker et al. (2011).

### **3. Biomassa acima do solo**

A descrição dos procedimentos necessários para o levantamento da biomassa acima do solo possui abordagens distintas para vegetação nativa, floresta plantada e árvores plantadas em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), em função das características muito diferentes quanto à configuração destes tipos de cobertura florestal.

#### **3.1. Processo de amostragem**

O processo de amostragem é adotado tanto para os métodos diretos quanto para os indiretos e se refere à alocação amostral, ou seja, à escolha da localização das parcelas ou dos indivíduos no campo. Pode ser classificado como aleatório ou sistemático.



No processo de amostragem aleatório, a escolha da posição da parcela ou do indivíduo é obtida por sorteio simples, usando, por exemplo, pares de coordenadas geográficas. As unidades amostrais também podem ser alocadas dentro de estratos homogêneos, sendo, neste caso, um processo de amostragem aleatória estratificada. O processo de amostragem sistemático implica no uso de intervalos regulares na área a ser amostrada, sorteando-se apenas a posição inicial de amostragem.

### **3.1.1. Processo de amostragem em floresta nativa**

Em áreas onde não se conhece a variabilidade da floresta, a utilização de amostragem sistemática fornece estimativas apropriadas dos valores das variáveis de interesse. Este processo de amostragem se resume na sistematização de um conjunto de pontos amostrais dispostos em distâncias iguais.

No entanto, para inventário de carbono, a amostragem aleatória estratificada produz estimativas mais precisas a um menor custo, se comparada à amostragem sistemática ou outra opção. Cada estrato ou subpopulação pode ser definido pelo tipo de vegetação, solo ou topografia. Para inventário de carbono, os critérios de estratificação que refletem classes de quantidade de biomassa são geralmente os mais apropriados. A chave para uma estratificação adequada é assegurar que as medições dentro de cada estrato sejam mais homogêneas quando comparadas às medições realizadas e processadas para a área total a ser inventariada.

Outra opção é o processo de amostragem em conglomerados, usado com frequência em florestas nativas, pois quando comparado com o processo de amostragem aleatória simples, oferece vantagem quando a população-alvo do inventário é extensa e a variável de interesse apresenta homogeneidade. É uma variação da amostragem em dois estágios, descrita por Péllico Neto e Brena (1997), onde o segundo estágio (instalação de subunidades amostrais agrupadas) é sistematicamente

organizado dentro do primeiro estágio amostral (definição de pontos amostrais, aleatoria ou sistematicamente).

A grande maioria das áreas de floresta nativa no sul e sudeste do Brasil que não sejam de Unidades de Conservação, já não comportam a implantação de conglomerados para quantificação de biomassa e carbono exclusivamente de florestas, pois são áreas descontínuas e muitas vezes, estreitas. Assim, considerou-se que o mais adequado seria a adoção de amostragem aleatória estratificada, com parcelas retangulares e sub-parcelas aninhadas, sem a configuração de conglomerados.

### **3.1.2. Processo de amostragem em floresta plantada**

A amostragem sistemática é a mais adequada, pois permite que toda a extensão de área plantada esteja representada. Os pontos amostrais são alocados no mapa, de maneira sistemática, formando um *grid*, e a localização destes pontos *in loco* deve levar em consideração a ocorrência de linhas de desbaste, em florestas já desbastadas, de tal maneira que a amostragem represente esta situação.

A estratificação da área, como em uma floresta nativa, contribui muito para estimativas mais precisas. Algumas características como a espécie plantada, a idade, o espaçamento de plantio, o tipo de solo e a situação de desbaste poderiam ser os critérios para definir os estratos.

### **3.1.3. Processo de amostragem em iLPF**

Em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, a amostragem sistemática também é a mais adequada para o componente arbóreo. No entanto, deve-se ter o cuidado de estabelecer as amostras sempre de maneira a representar o arranjo de plantio, evitando subestimativas ou superestimativas.

### **3.2. Intensidade amostral**

A intensidade de amostragem necessária para estimar os parâmetros de uma população, com uma precisão previamente fixada, depende da variabilidade desta população. Se a variância for grande, a intensidade de amostragem será alta, bem como os custos de amostragem. Se a variância for pequena, a intensidade de amostragem será reduzida e os custos de amostragem serão menores.

Quando possível, deve-se dividir uma população heterogênea em subpopulações ou estratos homogêneos, de tal modo que, entre as unidades de amostra, exista resultado semelhante para a variável de interesse. Dessa forma, é possível obter uma estimativa precisa de um determinado estrato, adotando-se menor intensidade amostral.

A população pode ser estratificada, tomando-se como base características como: topografia do terreno, sítio natural, tipologia florestal, altura, idade, densidade, volume, etc. Porém, sempre que possível, a base para a estratificação deve ser a variável principal que será estimada no inventário.

O nível de precisão requerido por um inventário de carbono tem um efeito direto nos custos do inventário. Em geral, o estoque de carbono pode ser quantificado a um custo aceitável com um erro amostral de 10% sobre o valor da média, a 95% de nível de confiança, embora um erro de até 20% possa ser admitido (PEARSON et al., 2005).

#### **3.2.1. Intensidade amostral em floresta nativa**

A intensidade amostral pode ser determinada para cada estrato. Os reservatórios de carbono terão variâncias diferentes. Assim, ao considerar a variância da principal fonte de carbono, como, por exemplo, as árvores para uma amostragem de biomassa florestal aérea, a intensidade amostral deve captar a maior parte

da variância total. Embora a variação em outros compartimentos possa ser maior, se uma precisão alta for alcançada no componente dominante, uma perda de precisão nos outros componentes não irá prejudicar os resultados como um todo.

Como ponto de partida, pode-se considerar o que foi comentado por Pearson et al. (2005): são necessários dados preliminares para avaliar a variância e, então, definir o número de parcelas para atingir o nível de precisão desejado. Em geral, 6 a 10 parcelas são suficientes para avaliar a variância. Recomenda-se proceder esta amostragem-piloto com 6 a 10 parcelas e se o erro for superior ao máximo admitido pelo pesquisador, deve-se retornar ao campo para aumentar a amostragem.

### **3.2.2. Intensidade amostral em floresta plantada**

O número de unidades amostrais a instalar dependerá do custo e do erro amostral mínimo a ser alcançado. Em geral, assume-se a intensidade amostral como uma porcentagem prefixada da área total plantada (Tabela 1). Este percentual é calculado multiplicando-se a área da parcela pelo número de parcelas a instalar, dividindo-o pela área a ser inventariada, como segue:

- Área a ser inventariada: 30 ha
- Intensidade amostral desejada: 1,5%
- Área das parcelas: 300 m<sup>2</sup>

A área a ser amostrada é de 1,5% de 30 ha, ou seja, 0,45 ha (4.500 m<sup>2</sup>). Assim, dividindo-se a área a ser amostrada pela área da parcela:

$4.500 / 300 = 15$  parcelas a instalar.

Áreas inferiores a 10 ha devem ter, no mínimo, cinco parcelas, para que seja possível fazer a análise estatística.

**Tabela 1.** Intensidade de amostragem conforme a área a ser inventariada.

Área do talhão ou estrato (ha)	Intensidade de amostragem (%)
< 10	4,0
10 a 20	2,0
20 a 40	1,5
> 40	1,0

Para a determinação da distância entre as parcelas, a área total de um talhão ou estrato deve ser dividida pelo número de parcelas, sendo então extraída a raiz quadrada do resultado, para transformar metros quadrados em metros lineares. Assim, considerando o exemplo:

- Área a ser inventariada: 30 ha = 300.000 m<sup>2</sup>
- Número de parcelas: 15
- Distância entre as parcelas:  $\sqrt{\frac{300.000}{15}} = 141,4 \text{ m}$

No mapa, cada parcela deve estar plotada a cada 141 m.

### 3.2.3. Intensidade amostral em iLPF

O mesmo procedimento adotado para chegar à intensidade amostral em plantios puros de árvores pode ser adotado para sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.

### 3.3. Área e forma das parcelas

Para a escolha do formato, as equipes podem levar em conta a experiência de cada grupo, além das vantagens e desvantagens da cada um dos formatos de parcelas mais comumente adotados.

### **3.3.1. Área e forma das parcelas em floresta nativa**

A definição da forma da unidade amostral dependerá de sua área, bem como das características da população a ser amostrada no que se refere à sua fisionomia - incluindo-se as peculiaridades de áreas fragmentadas - e também no que se refere à estrutura vertical e horizontal de uma formação vegetal.

As parcelas circulares apresentam menor perímetro em relação às outras formas, o que minimiza o problema de árvores marginais. No entanto, são adequadas para parcelas pequenas, com raio de até 5 m, em que é possível visualizar facilmente o seu limite. Em parcelas com raio superior a 5 m, a visualização das árvores no limite do raio estabelecido e as localizadas à sua margem, torna-se mais difícil, o que gera mais uma fonte de erro.

As formas retangulares apresentam problemas em terrenos muito inclinados, pois a correção da declividade muitas vezes torna-se difícil, mas é indispensável.

As parcelas retangulares permitem abranger maior variabilidade da vegetação quando instaladas no sentido perpendicular à margem de um rio, abrangendo diferenças nas formações de vegetação. Frequentemente, é adotada a forma retangular com 20 m X 50 m, escolhida também para o Inventário Florestal Nacional, com a amostragem em conglomerados de 4 subparcelas de 1.000 m<sup>2</sup>, dispostas em forma de cruz de malta.

A adoção de parcelas e subparcelas “aninhadas” permite maior agilidade na instalação e medição. O procedimento consiste em adotar área de subunidades amostrais menores, conforme o material a ser mensurado. Assim, árvores com menores diâmetros e de ocorrência bastante frequente são amostradas em subunidades de menor área, enquanto árvores com os maiores diâmetros e de ocorrência rara são amostradas em áreas maiores.

### 3.3.2. Área e forma das parcelas em floresta plantada

Em florestas plantadas pode-se adotar tanto unidades amostrais retangulares, quadradas, como circulares (Figura 2). A configuração do espaçamento e o número de desbastes realizados determinam o que é mais indicado para cada situação. Assim, em inventários contínuos, onde há medições das mesmas parcelas a intervalos de um ou dois anos, normalmente se usa a forma retangular ou quadrada. Espaçamentos quadráticos exigem parcelas quadradas, preferencialmente em valores múltiplos de suas dimensões: por exemplo, parcelas de 20 m X 20 m em áreas de espaçamento 2 m X 2 m. Da mesma forma, espaçamentos retangulares sugerem parcelas retangulares, também em valores múltiplos de suas dimensões: por exemplo, parcelas de 20 m X 30 m em áreas de espaçamento 2 m X 3 m. Também são muito utilizadas as parcelas de área variável, em que se fixa o comprimento de um dos lados, por exemplo 20 m, correspondendo a 10 linhas de árvores se a distância entre linhas for 2 m e mede-se o comprimento do outro lado, correspondendo à distância ocupada por um número fixo de árvores na linha. Dessa forma, eliminam-se eventuais erros que podem ser causados por espaçamentos irregulares.

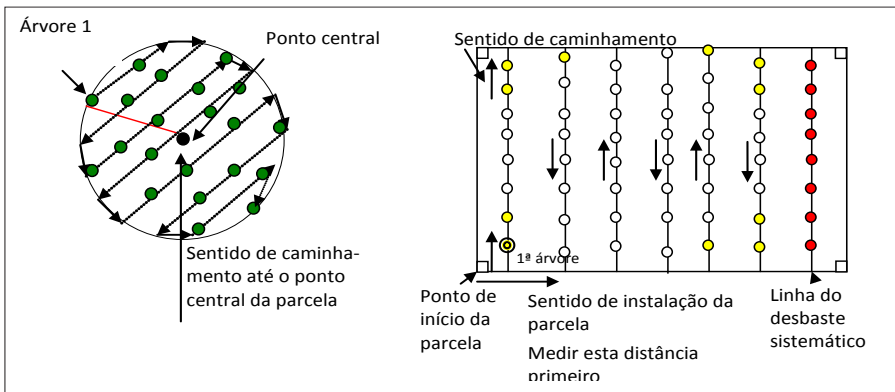


Figura 2. Configuração de parcela circular e retangular em floresta plantada.

Parcelas circulares são indicadas em florestas plantadas adultas com dois ou mais desbastes, onde o alinhamento de plantio já não é tão aparente, pois as árvores estão mais dispersas e também em locais onde o sub-bosque é menos desenvolvido. O perímetro da parcela circular é menor e ocorrem menos problemas com árvores limite. O ponto central da parcela é definido aleatoriamente, podendo ou não estar localizado próximo a uma árvore. Eliminam-se alguns erros de tendenciosidade no processo de instalação, que podem ocorrer em parcelas retangulares instaladas em florestas adultas e pouco densas.

Em geral, a área de uma unidade amostral permanente (inventário com medições sucessivas) é superior a 300 m<sup>2</sup>, podendo ser de até 1.000 m<sup>2</sup>, dependendo do número de árvores por hectare (Tabela 2). Assume-se como premissa que, ao final da rotação, após um ou mais desbastes, existam pelo menos 10 a 20 árvores para serem mensuradas (SCOLFORO; MELLO, 1997).

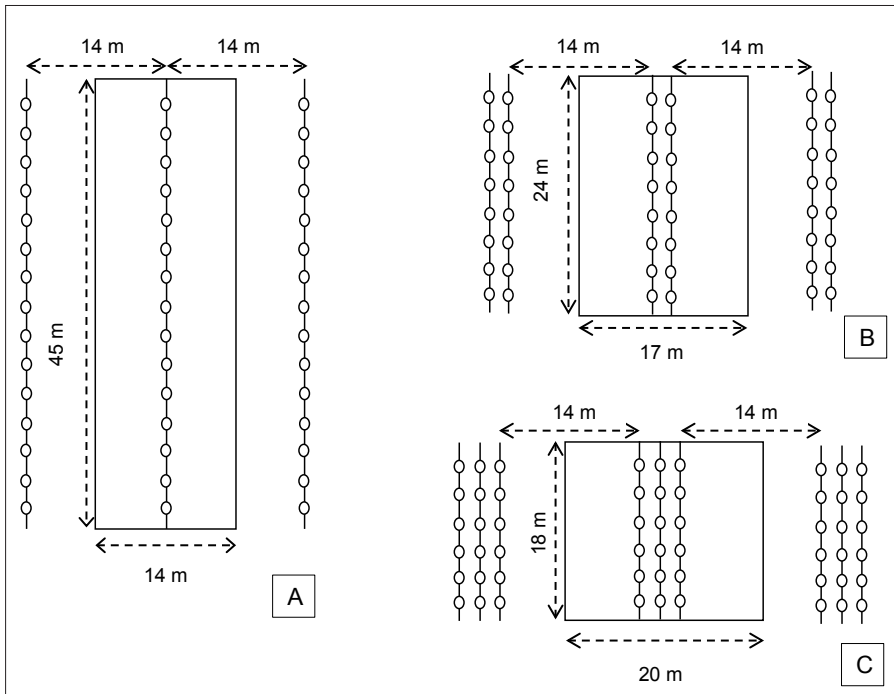
**Tabela 2.** Definição da área das parcelas, conforme o número de árvores por hectare.

Número de árvores.ha <sup>-1</sup>	Área das parcelas (m <sup>2</sup> )
< 200	1.000
200 - 300	800
300 - 500	600
500 - 800	400
> 800	300



### 3.3.3. Área e forma das parcelas em iLPF

A definição da forma e da área das unidades amostrais deve levar em consideração o arranjo do plantio de árvores, de tal maneira que cada parcela seja representativa da configuração do plantio. Alguns exemplos constam na Figura 3.



**Figura 3.** Esquema de instalação de parcelas em sistemas iLPF com uma linha de árvores (A), duas linhas (B) e três linhas (C).

Para um plantio em iLPF de linhas únicas em espaçamento de 14 m X 3 m, por exemplo, a área da parcela poderia ser de 630 m<sup>2</sup>, com dimensões de 14 m X 45 m, abrangendo 15 árvores ou 15 covas de plantio. Outros exemplos, que consideram o arranjo de plantio são mostrados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Sugestões de área de parcela para amostragem de árvores em sistemas integrados de produção.

Número de linhas de árvores	Espaçamento entre linhas/renques (m)	Espaçamento entre linhas (m)	Espaçamento entre árvores na linha (m)	Sugestão de área da parcela (m <sup>2</sup> )	Número de árvores representadas
1	14	-	3	630 (14 m X 45 m)	15 árvores
2	14	3	3	408 (17 m X 24 m)	8 árvores por linha (total 16 )
3	14	3	3	360 (20 m X 18 m)	6 árvores por linha (total 18)

### 3.4. Procedimentos para instalação da parcela

As parcelas devem ser instaladas em campo, segundo coordenadas dos pontos amostrais, previamente definidas e plotadas no mapa, por critério sistemático ou aleatório (Figura 4A). A localização é feita com GPS de navegação, buscando o ponto mais próximo possível (Figura 4B).



Figura 4. Planejamento de localização das parcelas – plotagem no mapa, critério aleatório estratificado (A) e localização da parcela em campo (B).



Ao chegar próximo ao ponto amostral, ainda na estrada, deve-se estabelecer o ponto de acesso à parcela, onde se inicia a caminhada, marcando este ponto no GPS. Uma ou duas árvores próximas a este ponto devem ser marcadas com um anel de tinta ou com uma fita plástica colorida. Este procedimento é importante, mesmo em instalação de parcelas temporárias, para eventual verificação posterior dos dados.

Ao identificar o ponto inicial para a demarcação da parcela, deve-se tomar as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) e anotar no formulário adequado (Anexo 1). Também devem ser anotadas as coordenadas dos vértices inferior esquerdo (ponto inicial) e superior direito, no caso de parcelas retangulares ou quadradas.

A medição das distâncias deve ser feita com a trena estendida sobre o solo. Se o terreno for plano (até 2% de declividade), a distância delimitada no terreno será igual à distância horizontal. Se a declividade for maior do que 2%, a distância a ser marcada no terreno (com a trena estendida sobre o solo) tem de ser ajustada pelo fator de correção expresso na Tabela 5.

Os seguintes procedimentos devem ser seguidos para a correta instalação das subunidades (Figura 5):

- Medir, com clinômetro, o ângulo de inclinação do terreno no sentido longitudinal da distância a ser delimitada;
- Verificar o fator de correção para o ângulo medido na Tabela 4;
- Multiplicar a distância a ser marcada pelo fator de correção;
- Marcar a distância corrigida com a trena sobre o solo.

- Considerando-se, por exemplo, um terreno com ângulo de inclinação de  $8^\circ$  em um dos lados da parcela de 50 m, a distância corrigida a ser marcada com a trena sobre o solo será igual a:
  - Distância corrigida = distância requerida x fator de correção
  - Distância corrigida = 50 m x 1,010 = 50,5 m

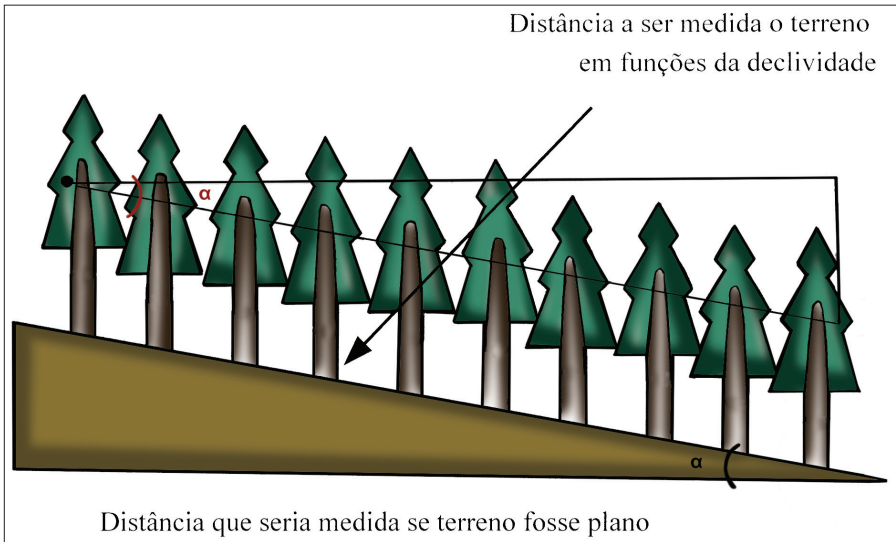


Figura 5. Correção da distância em terreno inclinado.

**Tabela 4.** Fator de correção da distância em terreno inclinado.

Declividade		Fator de correção	Declividade		Fator de correção
Graus	(%)		Graus	(%)	
0	0	1,000	23	42	1,086
1	2	1,000	24	45	1,095
2	3	1,001	25	47	1,103
3	5	1,001	26	49	1,113
4	7	1,002	27	51	1,122
5	9	1,004	28	53	1,133
6	11	1,006	29	55	1,143
7	12	1,008	30	58	1,155
8	14	1,010	31	60	1,167
9	16	1,012	32	62	1,179
10	18	1,015	33	65	1,192
11	19	1,019	34	67	1,206
12	21	1,022	35	70	1,221
13	23	1,026	36	73	1,236
14	25	1,031	37	75	1,252
15	27	1,035	38	78	1,269
16	29	1,040	39	81	1,287
17	31	1,046	40	84	1,305
18	32	1,051	41	87	1,325
19	34	1,058	42	90	1,346
20	36	1,064	43	93	1,367
21	38	1,071	44	97	1,390
22	40	1,079	45	100	1,414

O ângulo de 90° nos cantos das parcelas retangulares e quadradas pode ser obtido com o auxílio de um prisma de espelho, ou mesmo de um esquadro de madeira com dimensões proporcionais ao triângulo de Pitágoras. Em florestas nativas, recomenda-se a delimitação de unidades amostrais parciais, com dimensões de 10 m x 10 m, por exemplo, e medição de árvores em cada subunidade, adotando a marcação temporária dos limites com uma fita plástica colorida.

Em parcelas circulares a delimitação é feita com a marcação das árvores limítrofes com fita plástica, procedendo à medição do raio tantas vezes quanto necessário para eliminar dúvidas de inclusão de árvores.

Para padronizar o posicionamento das parcelas, normalmente define-se que cada parcela deve ser instalada a norte e a leste do ponto inicial, em parcelas retangulares e quadradas. Isto vale também para florestas nativas, observando-se que parcelas retangulares devem ter o maior lado no sentido perpendicular ao curso d'água ou à inclinação do terreno, quando for o caso. Com este procedimento, espera-se abranger maior variabilidade da estrutura da floresta.

Parcelas permanentes requerem a instalação de estacas nos cantos, no caso de parcelas retangulares e quadradas, ou no ponto central, no caso de parcelas circulares. Estas estacas podem ser de madeira e devem ser pintadas com uma cor bem visível, mesmo à distância. A pintura do número da parcela deve ser feita na árvore mais próxima do ponto inicial e também em uma árvore próxima ao ponto de acesso.

Quando não é possível colocar estacas - como ocorre nos sistemas iLPF - pois isso poderia prejudicar o trabalho na área de pastagem ou agricultura, pode-se marcar as árvores dos cantos da parcela com anel de tinta ou com fita plástica colorida.

A marcação com anel de tinta à altura de 1,3 m (diâmetro à altura do peito - DAP) em todas as árvores também é necessária, no caso de instalação de parcela permanente, para que as medições subseqüentes sejam feitas na mesma posição do fuste.

Em floresta nativa, a instalação de subparcelas “aninhadas” na parcela maior segue o mesmo procedimento já mencionado de delimitação da área. Sugere-se o uso de balizas ou estacas colocadas temporariamente nos quatro cantos e a delimitação com fita plástica colorida, para facilitar a visualização das plantas contidas nestas subparcelas.

Para padronizar a localização das subparcelas aninhadas, sugere-se a instalação sempre no canto inferior esquerdo, da parcela maior, em relação ao rumo norte.

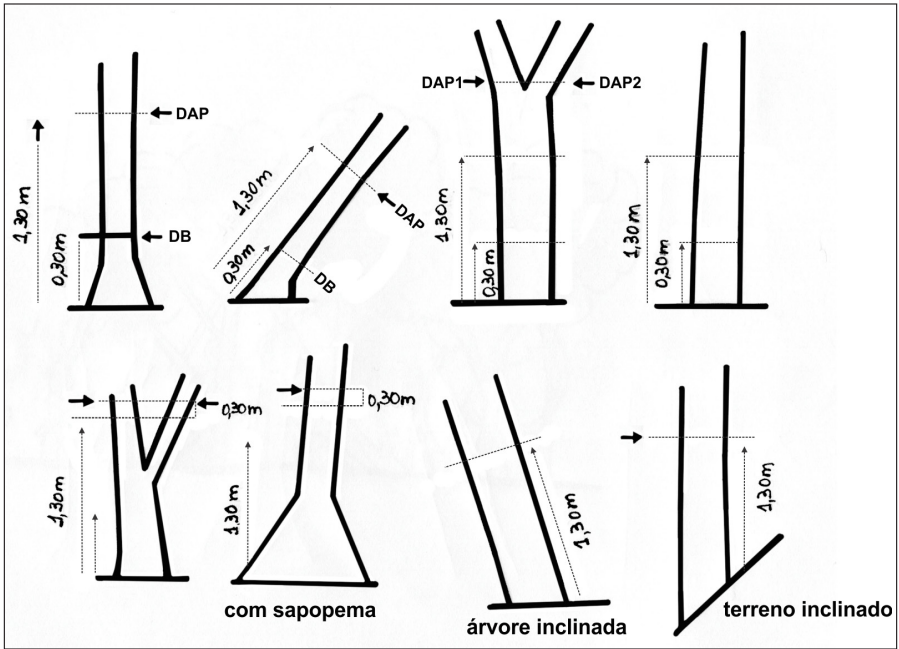
A coleta de informações de serrapilheira e de necromassa deve ser feita no início das operações, para evitar a influência da caminhada da equipe sobre o material a ser medido ou quantificado.

### **3.5. Variáveis a medir**

#### **3.5.1. Diâmetro (DAP)**

O DAP deve ser medido com fita diamétrica ou suta, dependendo do diâmetro da árvore, posicionados em paralelo ao solo e à altura de 1,30 m em relação ao solo. Quando utilizada a suta, devem ser realizadas duas medidas de diâmetro na mesma altura, formando um ângulo reto entre as duas tomadas. Anota-se na ficha de campo a média das duas medidas. Algumas situações excepcionais para a tomada do DAP são mostradas na Figura 6.





**Figura 6.** Medição do DAP e diâmetro da base em situações diferentes do padrão de fuste reto.

### 3.5.2. Altura

Em florestas plantadas e em sistemas iLPF deve-se medir a altura total de pelo menos 6 árvores em cada unidade amostral (2 dominadas, 2 médias e 2 dominantes), de tal maneira que seja possível ajustar equações hipsométricas e estimar a altura das demais árvores das unidades amostrais, em que é medido somente o DAP.

Em florestas nativas, a medição de altura não é obrigatória, pois a maioria das equações alométricas disponíveis na literatura não utiliza esta variável. No entanto, sempre que possível, é recomendável medir a altura de algumas árvores, pois a altura média é uma das informações que caracteriza a floresta e permite que seja selecionada a equação mais adequada na

literatura. Nesse caso, deve-se medir a altura total e a altura do fuste, que é a altura até a inserção da copa, podendo, portanto, ser mais facilmente visualizada.

Os instrumentos normalmente utilizados para medir altura são o clinômetro e a régua graduada, sendo esta última para alturas de até 5 m.

Atualmente o clinômetro Haglof é uma opção bastante utilizada, pois é instrumento eletrônico de medição digital de inclinações e alturas. A partir de uma distância previamente medida e dois ângulos medidos com o clinômetro, o equipamento calcula e apresenta a altura do objeto diretamente no visor.

Como todos os dados são processados pelo instrumento, elimina-se qualquer risco de erro de cálculo. Todas as funções do aparelho são operadas em um único botão.

### **3.5.3. Outras informações**

Em florestas nativas devem ser obtidos dados de outras variáveis qualitativas relacionadas às árvores, como: a espécie, a posição sociológica (dominante, suprimida, co-dominante ou dominada); a sanidade e desenvolvimento da copa; a sanidade do tronco (presença de ocos, tortuosidades e/ou podridão), grau de iluminação da copa e presença de cipós. Embora estas informações não sejam essenciais para a obtenção da biomassa das florestas, fornecerão importantes subsídios para a discussão dos resultados, o que possibilitará inferências com maior embasamento e conhecimento da floresta.

Em florestas plantadas devem ser anotadas informações referentes à qualidade das árvores, tais como: atacada por praga ou doença, bifurcada, quebrada, torta e morta, pois, dependendo da quantidade de árvores com defeito, pode haver interferência nos cálculos de volume e biomassa.

Algumas equações alométricas incluem como variáveis dependentes a densidade básica da madeira, altura comercial, área transversal, diâmetro a 30 cm do chão (diâmetro da base), entre outras. Portanto, dependendo da equação que se pretende adotar, pode ser necessária a obtenção de outras informações durante as medições em campo.

### **3.6. Procedimentos para coleta de informações de palmeiras, fetos arborescentes, bambus, lianas**

As palmeiras devem ser medidas como as outras plantas de porte arbóreo observando-se os seguintes critérios:

- Para estipe que não alcançar 1,30 m de altura, é registrada apenas a presença;
- Na ocorrência de grupos de estipe, registrar apenas a presença como uma unidade, somando os diâmetros de todas as estipes.

Quando identificado em campo o nome científico da palmeira, este deve ser registrado normalmente, como para os outros indivíduos. Porém, não se conhecendo o nome científico, deve ser registrado no campo para o nome da espécie apenas que se trata de palmeira.

O mesmo procedimento deve ser adotado para fetos arborescentes (exemplo: xaxim).

As touceiras de bambu existentes na área da parcela devem ter a circunferência medida, utilizando a trena. Devem ser coletados dados sobre a quantidade aproximada de colmos e medido a circunferência à altura do peito (CAP) de 3 colmos, em cada touceira. Essas informações devem ser registradas em um formulário à parte das demais informações coletadas na parcela. Também deve ser estimada a altura total e avaliada a sanidade das touceiras, segundo os seguintes critérios:

- Sadio – sem defeitos aparentes;
- Presença de cupim ou podridão;
- Presença simultânea de cupins ou podridão e furos ou danos visíveis;
- Colmo morto em pé.

As lianas (cipós arbóreos) devem ter sua ocorrência registrada na ficha de campo de medição de árvores, na linha correspondente à árvore em que foi encontrada. O diâmetro a 30 cm do chão (Db) e o diâmetro a 1,30 m devem ser medidos em cada árvore, com o cuidado de não registrar a mesma liana mais de uma vez. Os pontos de medida das lianas são detalhados na Figura 7.



**Figura 7.** Pontos de medida das lianas: (A) lianas que ascendem ao dossel são medidas a 1,30 m do principal ponto de enraizamento; (B) lianas entrelaçadas são medidas a 1,30 m do ponto de enraizamento da liana; (C) lianas que ramificam antes de 1,30 m são medidas 20 cm abaixo do ponto de ramificação; (D) lianas que dão uma volta em direção ao solo antes de ascenderem são medidas a 1,30 m a partir do último ponto de enraizamento; (E) lianas que formam alças como (D) mas que têm ramos ascendendo ao dossel, deve ter cada ramo ascendente com seu galho folhoso no dossel medido individualmente a 1,30 m; (F) lianas com raízes adventícias além dos 80 cm de altura do ponto de enraizamento, são medidas a 50 cm da última raiz; (G) lianas que formam galhos antes da altura de 1,30 m com haste principal ou ramificam próximas ao solo têm todos seus ramos múltiplos medidos a 1,30 m. Fonte da legenda: Gerwing et al. (2006).

### 3.7. Lista de material e equipamentos

Os materiais e equipamentos listados na Tabela 5 são necessários para a medição de parcelas em floresta nativa e a maioria deles também em floresta plantada em iLPF.

**Tabela 5.** Lista de material e equipamentos necessários para medição de parcelas.

<b>Materiais e equipamentos</b>	
Caderneta de campo	Adaptador para tomadas
Canivete	Baliza (jogo)
Cantil	Binóculo
Envelope de papel	Bússola
Estacas de madeira	Carregador de pilhas
Facão	Clinômetro
Fita plástica – rolo de 200 m	GPS de navegação com pilhas
Garrafa de água de 5 L	Lanterna a pilhas
Kit fichas de campo	Máquina fotográfica
Kit primeiros socorros	Pilhas (extras) para lanternas (jogo)
Lápis com borracha	Pilhas recarregáveis (extras) para GPS (jogo)
Lapiseira	Prisma de espelho
Lima para afiação de equipamentos	Suta de 50 cm
Mapa com as parcelas	Tesoura de poda
Pincel atômico permanente	Trena de 10 m
Prancheta	Trena de 30 m
Rolo de fita crepe	Trena de 50 m
	Vara telescópica para medição de altura de árvores

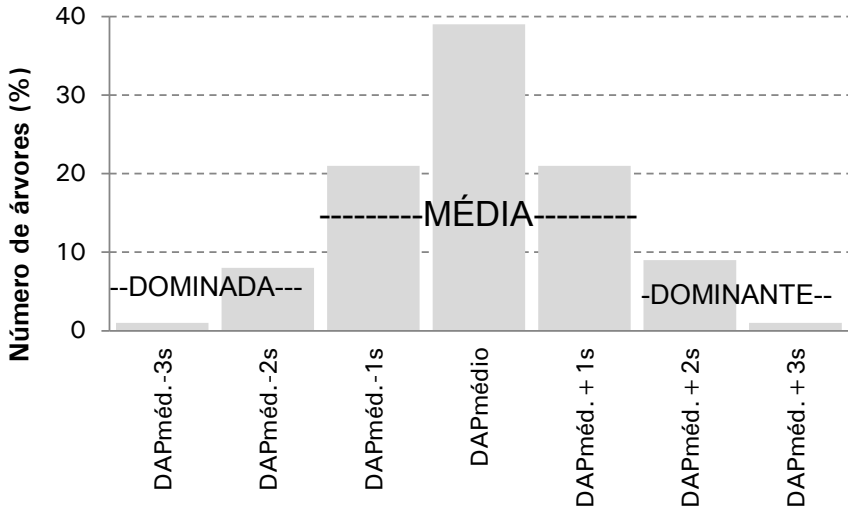
### 3.8. Amostragem destrutiva

A amostragem destrutiva consiste na derrubada de árvores para a medição da biomassa de tronco, folhas, galhos, frutos e flores. Este procedimento é usado em florestas nativas, quando for possível e não houver impedimento legal à derrubada das árvores, assim como para florestas plantadas.

O estoque de carbono pode ser estimado com maior precisão por métodos diretos, como em um inventário, onde todas as árvores das parcelas acima de um diâmetro mínimo são medidas e pesadas. O DAP mínimo é, na maioria das vezes, igual a 5 cm, mas pode variar dependendo do tamanho das árvores. Para este protocolo recomenda-se medir árvores com DAP maior que 2 cm para florestas plantadas ou sistemas iLPF. Para florestas naturais em regiões áridas em que as árvores crescem lentamente, o diâmetro mínimo deve ser 2,5 cm; em regiões úmidas, onde o crescimento é mais rápido, o DAP mínimo a ser medido é de 10 cm.

A primeira tarefa a ser realizada no processo de amostragem destrutiva das árvores é o inventário, para poder selecionar as árvores a serem derrubadas. Para o inventário, é necessário o reconhecimento da área, devendo-se percorrê-la para se fazer uma avaliação expedita da vegetação e de fatores ambientais que possam determinar a necessidade de se estabelecer subunidades homogêneas da floresta.

Após a escolha e alocação das parcelas para o inventário (ver detalhes do processo e da intensidade amostral nos itens anteriores), deve-se proceder à medição do DAP de todas as árvores dentro das parcelas. O próximo passo é realizar a distribuição de frequência dos DAPs medidos em campo, como sugerido na Figura 8.



**Figura 8.** Distribuição de frequência de árvores por classe de diâmetro, em número de desvios-padrão próximos à média.

As árvores devem ser amostradas (derrubadas) em função da distribuição diamétrica calculada previamente. A partir da distribuição de frequência e do desvio da média obtidos para a área de estudo, selecionar as árvores para serem derrubadas conforme a orientação da Tabela 6. Recomenda-se 3 classes diamétricas assim delimitadas: 1) DAP médio  $\pm$  1,5 desvio padrão (classe média), 2) DAP médio + 1,5 desvio padrão até DAP médio + 3,5 desvio padrão (classe dominante) e 3) DAP médio - 1,5 desvio padrão até DAP médio - 3,5 desvio padrão (classe dominada), conforme ilustrado na Figura 8. O número de árvores em cada classe depende do arranjo espacial das árvores, considerado na Tabela 7. Depois de definidas as classes de DAP e o número de árvores a serem derrubadas em cada classe, o passo seguinte é a escolha das árvores no campo que atendem ao critério.

**Tabela 6.** Número de árvores a serem derrubadas na amostragem destrutiva de iLPF / SAFs.

Posição da linha de árvores	A partir da distribuição de frequência selecionar árvores com DAP			Total de árvores a medir
	< 1,5 desvios da média $X < \text{DAP}_{\text{méd.}} - 1,5s$	Ao redor da média $\text{DAP}_{\text{méd.}} - 1,5s \leq X \leq \text{DAP}_{\text{méd.}} + 1,5s$	Maior que 1,5 desvios da média $X > \text{DAP}_{\text{méd.}} + 1,5s$	
Uma linha de árvores ou linhas de bordadura	2	3	2	linhas simples: 7 árvores, renques com 2 linhas de árvores: 7 árvores
Linha interna (em sistemas com 3 ou mais linhas de árvores)	2	3	2	renques com 3 ou mais linhas de árvores: 14 árvores, sendo 7 na linha interna e 7 na linha externa



**Tabela 7.** Densidade de necromassa por classe de diâmetro e por classe de decomposição.

Classe de diâmetro (cm)	Classe de decomposição <sup>1</sup>	Densidade (Mg.m <sup>-3</sup> )
< 5	-	0,36
5 a 10	-	0,45
> 10	1	0,70
	2	0,58
	3	0,28

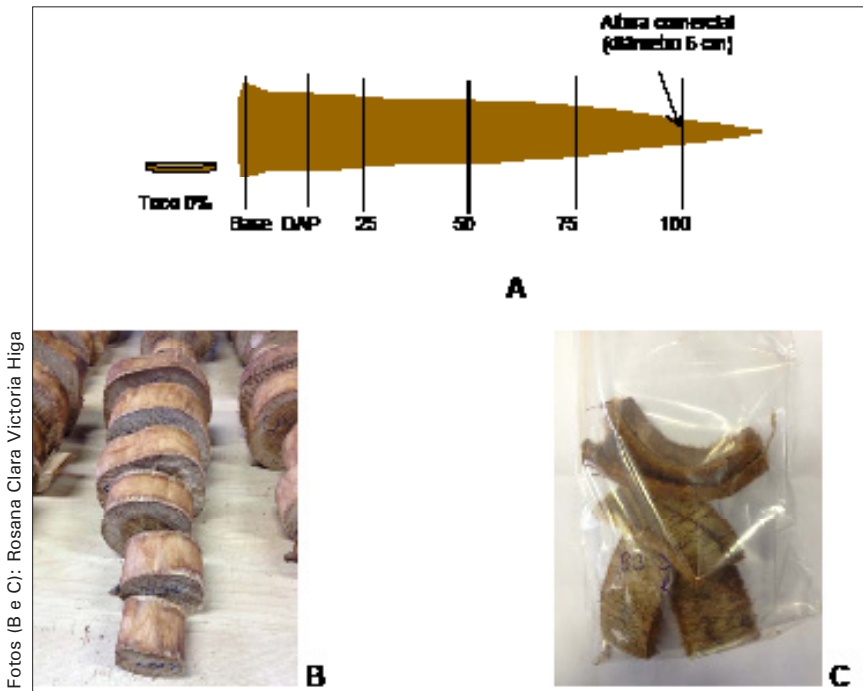
1 = material novo, presença de ramos e textura de madeira intacta; 2 = material em decomposição inicial, resquícios de casca, sem ramos e madeira firme; 3 = material em decomposição avançada, sem casca, sem ramos e madeira em estado de decomposição com textura esfarelenta.

Uma vez selecionada a árvore, antes de derrubá-la, deve-se medir e marcar o local de medição do DAP, para ter esse local como referência quando a árvore já estiver derrubada.

Todos os componentes das árvores derrubadas devem ser pesados separadamente: tronco, galhos grossos, galhos finos, flores e frutos (se for o caso). Recomenda-se que a copa da árvore seja direcionada sobre uma lona plástica resistente, para que o manuseio de separação de cada componente seja individualizado sem perdas.

Primeiramente, faz-se a medida da altura total e, em seguida, da altura comercial da árvore, que corresponde ao diâmetro de 6 cm. Nesta altura, a árvore deve ser seccionada, separando-se tronco e copa. A altura do diâmetro de 6 cm corresponde a 100% da altura comercial, de onde deverá ser obtido um disco de 3 a 5 cm de espessura, para determinação do teor de água ou peso de matéria seca e densidade da madeira. Outros discos nas alturas correspondentes à base, DAP, 25%, 50% e 75% da altura comercial devem ser obtidos na sequência (Figura 9A).

Em cada disco, deve-se obter a circunferência com casca e sem casca. A medida da circunferência a 1,3 m (CAP) deve ser feita ainda com a árvore em pé, enquanto as demais circunferências para as alturas relativas a 25, 50 e 75% da altura comercial devem ser medidas com a árvore no chão. Todas as medidas de circunferência sem casca podem ser tomadas no laboratório, após a retirada da casca. Alternativamente, pode-se tomar a medida da espessura da casca com um medidor de casca. Esta medida deve ser tomada em dois pontos opostos no tronco, para se obter um valor médio. Para enviar os discos ao laboratório, deve-se identificá-los com o número da árvore seguido do número de ordem crescente do disco, da base para a copa (Figura 9B e C).



Fotos (B e C): Rosana Clara Victoria Higa

**Figura 9.** Esquema de seções relativas à altura comercial do fuste (A). Discos de um fuste coletado para avaliação da densidade (madeira seca sem casca) (B); e a casca em lotes separados (C).

No laboratório, de cada disco deve ser retirada uma fatia em forma de cunha para a análise da densidade da madeira, conforme normativa estabelecida pela NBR 11941 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003). De posse dos resultados da densidade da madeira em cada seção do tronco, a biomassa total do tronco é estimada pela equação (1):

$$\text{Biomassa tronco (kg)} = \sum \frac{V_i}{d_i} \quad (1)$$

Em que: V = volume do tronco na seção  $i$ , em  $\text{m}^3$ ; d = densidade da madeira na seção  $i$ , em  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$$\text{Volume tronco (m}^3\text{)} = \sum \frac{(A_i + A_{i+1})}{2} \times L \quad (2)$$

Em que: A = área da seção na posição  $i$ , em  $\text{m}^2$ ; L = comprimento da seção, em m.

A parte da biomassa da copa da árvore é obtida pela soma do peso individual dos seus componentes. A copa deve ser separada em galhos finos (< 2,5 cm diâmetro), galhos grossos, folhas, frutos e flores. Após a pesagem da massa verde individual de cada componente, uma amostra representativa deve ser obtida para obtenção do peso seco de cada componente e da concentração de C e N no tecido vegetal. Ressalta-se que a massa da amostra fresca deve ser anotada para estimativa do conteúdo de água. Os galhos grossos são amostrados com um disco de mesma espessura e dos galhos finos são retiradas cinco amostras (discos ou porções) aleatoriamente. Dos demais componentes são retiradas de três a cinco amostras individuais (folhas, frutos, flores e outros).

No laboratório, tanto os discos quanto as amostras dos demais componentes da árvore devem ser levados à estufa com circulação forçada a  $65^\circ\text{C}$ , até peso constante. Parte deste material é subamostrado para determinação do teor de carbono em laboratório. Este material deve ser moído a partículas de

0,5 mm e homogeneizado, para posterior análise. Para a análise do teor de carbono é necessária apenas uma pequena quantidade, cerca de dois gramas e por isso a amostragem e a moagem devem ser bastante criteriosas.

Após o processamento dos resultados de biomassa seca da copa, a biomassa total da árvore poderá ser obtida pela soma da biomassa da copa com a biomassa do tronco.

Ressalta-se que a análise do teor de carbono não é obrigatória. Como a variação é pequena, o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) aceita valores entre 0,45 e 0,50, mesmo para o tier 2 (Tiers representam o nível de complexidade metodológica).

### **3.8.1. Sequência de atividades para avaliação da biomassa aérea de árvores em sistemas integrados (iLPF)**

A seguinte sequência de atividades deve ser seguida para realizar amostragem destrutiva de biomassa aérea de árvores em sistemas iLPF:

- Medição de parcelas, com intensidade amostral conforme sugestão na Tabela 1.
- Estabelecer a frequência de árvores em três classes diamétricas (dominada, média e dominante), com base nos resultados das parcelas.
- Medição e marcação do DAP das árvores selecionadas para amostragem destrutiva, antes da derrubada.
- Amostragem destrutiva nas classes de diâmetro estabelecidas.
- Ajustar equações alométricas e selecionar a que gerar os indicadores estatísticos mais adequados.
- Aplicar a equação ajustada aos dados das parcelas e extrapolar para uma unidade de área padrão (hectare).

### **3.8.2. Equipamentos e materiais para amostragem destrutiva de biomassa**

Os principais equipamentos e materiais necessários para a coleta de dados em uma amostragem de biomassa constam na lista a seguir:

- fita diamétrica, suta ou fita métrica
- trena de 20 e de 50 m
- sacos de pano ou rafia para pesagem e sacos de papel para coleta de amostras
- lonas
- caneta marcadora
- barbante
- prancheta e caneta
- canivete / tesoura
- balanças (5 kg e 20 kg)
- motosserra, serra de poda e tesouras
- medidor de casca (opcional)

## **4. Necromassa**

### **4.1. Definição**

O termo necromassa refere-se a diferentes tamanhos e tipos de material lenhoso, que pode ser encontrado sobre o solo das florestas, incluindo toras, gravetos, fragmentos de madeira, galhos e raízes. Em geral, assume-se que esses materiais devem ter, no mínimo, 2 cm de diâmetro.

## 4.2. Método de amostragem

Pode-se adotar os seguintes procedimentos para a quantificação da necromassa: parcelas de inventário, demarcação de faixas, amostragem por linha de intercepto, cluster adaptativo, relascópio por ponto, relascópio por transecto e transecto guiado. No entanto, o procedimento mais adequado para locais com vegetação densa, onde é difícil localizar todas as peças para medição em uma parcela, é o de amostragem por linhas de intercepto, no qual todos os fragmentos de necromassa atravessados por uma linha de inventário são amostrados. Deve ser efetuada a contagem do número de interseções e anotado o diâmetro de cada fragmento na intersecção do transecto. O método se aplica somente a material caído, não para árvores mortas em pé; estas devem ser medidas usando o mesmo procedimento já descrito para árvores vivas.

O comprimento do transecto é variável, dependendo da heterogeneidade, quantidade e tamanho do material caído. No Inventário Florestal Nacional foram adotados dois transectos de 10 m cada, dispostos transversalmente no centro do conglomerado. Em parcelas retangulares ou quadradas, pode-se instalar três transectos de 10 m, dispostos em ângulo de 90°, com o ponto de início em um dos cantos da parcela, preferencialmente sempre padronizando a posição do ponto de início. O mesmo vale para inventários em florestas plantadas. O nível de precisão desejado para o cálculo do estoque de necromassa pode exigir que seja adotado um comprimento de transecto maior que 10 m (que poderia ser até 30 m). No entanto, não deve ser tão longo que comprometa a viabilidade operacional e financeira do trabalho em campo. Em geral, comprimentos maiores que 50 m não reduzem significativamente o coeficiente de variação entre os transectos instalados e medidos.

O volume total de necromassa caída é estimado por (VAN WAGNER, 1968):

$$V = \left( \frac{\pi^2}{8xL} x \sum_{i=1}^n d^2 \right) \quad (3)$$

Em que: V = volume para o transecto, por unidade de área (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>);  
d = diâmetro da tora ou galho *i* no ponto de intersecção (cm);  
L = comprimento do transecto (m);  
n = número de fragmentos ou toras encontrados no transecto.

Quando o diâmetro da tora ou galho está em centímetros e, o comprimento do transecto, em metros, a fórmula é dada por (VAN WAGNER, 1982):

$$V = \left( \frac{1,234}{L} \right) x \sum_{i=1}^n d^2 \quad (4)$$

O peso da necromassa em Mg.ha<sup>-1</sup> (W) é dado pela multiplicação do volume pela densidade básica em Mg.m<sup>-3</sup> (D):

$$V = Dx \left( \frac{1,234}{L} \right) x \sum_{i=1}^n d^2 \quad (5)$$

Informações sobre a densidade básica de necromassa ainda são raras. A Tabela 7 contém valores obtidos por Keller et al. (2004), adaptados para as classes de decomposição consideradas neste protocolo. Esses autores obtiveram valores de densidade por classe de decomposição para o material com diâmetro superior a 10 cm e por classe de diâmetro para o material com diâmetro inferior a 10 cm. Nestes valores já foram aplicados fatores para descontar os espaços vazios existentes no material inventariado, que variam significativamente conforme a classe de decomposição, sendo mínimo na classe 1 e aumentando progressivamente nas demais classes.

### **4.3. Variáveis a medir**

Depois de esticada a trena no comprimento estabelecido para o transecto, a variável a medir é o diâmetro de cada galho ou árvore caída que interceptou a linha da trena.

Deve-se estabelecer a classe de decomposição de cada galho ou tronco medido, como segue:

- Classe 1: material novo, presença de ramos e textura de madeira intacta;
- Classe 2: material em decomposição inicial, resquícios de casca, sem ramos e madeira firme e;
- Classe 3: material em decomposição avançada, sem casca, sem ramos e madeira em estado de decomposição com textura esfarelenta.

### **4.4. Equipamentos e material**

A quantificação de necromassa requer o uso de uma trena de 10 m ou de 30 m, dependendo do comprimento do transecto adotado, um paquímetro (se for digital, facilita o trabalho), ficha de campo para anotação e prancheta.



## 5. Serrapilheira

### 5.1. Definição

Estudos sobre produção de serrapilheira têm como principal dificuldade a comparação de resultados, devido às variações metodológicas utilizadas nestas pesquisas. Entre os principais problemas na comparação de dados estão: a definição das frações da serrapilheira; o tempo de realização da amostragem; o estágio sucessionial da floresta; a área, forma e local dos coletores de serrapilheira; a temperatura de secagem do material e o intervalo de coleta.

Nos trabalhos referentes à deposição de serrapilheira, são citados vários fatores bióticos e abióticos que influenciam sua produtividade, tais como: tipo de vegetação, latitude, altitude, temperatura, precipitação, disponibilidade de luz durante a estação de crescimento, duração do dia (horas), evapotranspiração, relevo, deciduidade, estágio sucessionial, herbivoria, disponibilidade hídrica e estoque de nutrientes no solo.

Portanto, sempre que possível, deve-se buscar a caracterização da área, de maneira a suprir estas informações. Assim, durante a análise dos resultados, será possível fazer comparativos com outros trabalhos e com outras áreas estudadas no mesmo projeto.

A serrapilheira compreende, principalmente, o material de origem vegetal (folhas, flores, galhos finos, cascas, frutos e sementes) e, em menor proporção, o de origem animal (restos animais e material fecal) depositado na superfície do solo de uma floresta, em diferentes estágios de decomposição. Este é o material a ser considerado na amostragem de serrapilheira, ficando os galhos com diâmetro maior que 2 cm a serem amostrados como necromassa.

## 5.2. Método de amostragem

Para a quantificação da liteira depositada no solo florestal utiliza-se uma moldura metálica ou de madeira, medindo internamente 0,50 m x 0,50 m (Figura 10). Esta moldura é lançada aleatoriamente em cada parcela selecionada para o inventário. São lançadas dez vezes em cada uma das parcelas (de maior área, para medição de árvores) definidas anteriormente, sendo em cada lançamento recolhido todo o material que ficar na parte interna desta moldura e colocado em sacos plásticos. Logo após, o material é pesado em balança de campo e dele são retiradas amostras para determinação do peso de matéria seca em laboratório à temperatura de 65 °C, até peso constante. O restante do material deve ser descartado no próprio local da coleta. Do material seco a 65 °C, são obtidas subamostras a serem moídas e colocadas em sacos plásticos e encaminhadas para análise do conteúdo de carbono.

Foto: Rosana Clara Victoria Higa



**Figura 10.** Coleta de serrapilheira.

### 5.3. Equipamentos e material

Os seguintes materiais e equipamentos são necessários para a coleta de dados de serrapilheira:

- moldura de madeira ou metal nas dimensões estabelecidas para delimitar a área a ser amostrada;
- facas para recortar a serrapilheira no interior da moldura;
- sacos de papel para pesagem da massa e para secagem do material que será analisado;
- caneta adequada para identificação das amostras;
- balança para pesagem da massa úmida e massa seca;
- estufa de secagem, de preferência, com circulação de ar forçada.

## 6. Biomassa de raízes

### 6.1. Amostragem destrutiva

Raízes são definidas como toda biomassa subterrânea viva ou morta com mais de 2 mm de diâmetro (retidas em peneira de 2 mm). A coleta de raízes deve ser feita com uma amostragem estratificada por classe de idade e tamanho da árvore (DAP e altura), histórico de perturbações e condições do solo.

A amostragem pode ser feita de duas formas para estimar a relação raiz/parte aérea para uma determinada área:

1 - amostra de raízes de árvores individuais são coletadas a um diâmetro da raiz ou do solo, consistente com o limite espacial de ocupação pela raiz. A escavação é utilizada para a amostragem das raízes de árvores individuais, amostragem de todas as raízes em um volume de solo definido, ou a amostra de raízes com um diâmetro limite definido;

2 - sub-amostragem do solo é utilizada para as raízes por meio da amostragem de volume conhecido de solo removido em núcleos, monólitos ou trincheiras e peneirado para separar as raízes, usando uma variedade de técnicas. Devem ser separadas: a fração de terra fina ( $< 2$  mm) do solo; grossa ( $2 >$  mm); fração mineral, inclusive carvão e cascalho, detritos orgânicos grossos; raízes mortas, galhos, hifas de fungos e outros materiais e raízes vivas  $< 2$  mm de diâmetro.

Para a amostragem completa da raiz de árvores individuais, após se definir a área correspondente, deve ser feita a escavação na superfície ao redor do colo, com o uso de pás. Todo solo removido deve ser peneirado (2 mm) e todo material orgânico retido deve ser separado. Após o corte e remoção das raízes laterais até a profundidade de 60 a 80 cm, a parte central é puxada e após remoção das raízes, todo solo deve ser removido. Novas amostras são retiradas com trado e peneiradas, para complementação de perdas. O mesmo procedimento usado para biomassa aérea deve ser adotado para a raiz, para obtenção do peso seco.

## **6.2. Equações e relações biomassa aérea/biomassa de raízes**

Quando não é possível quantificar a biomassa de raízes, utilizam-se informações de estudos já realizados, como o de Cairns et al. (1997) citado por Britez et al. (2006), em que o valor médio para a relação raiz / parte aérea foi 0,26, com amplitude de variação de 0,18 a 0,30, para espécies arbóreas tropicais, temperadas e boreais. Não foram observadas diferenças significativas entre tipo de solo, latitude, ou tipo de árvore. Outras relações genéricas são apresentadas no Anexo 13.

Considerando as tipologias, fragmentação e grau de antropização das florestas brasileiras, a estimativa de carbono das raízes é um grande desafio.

Além desses fatores, devem ser considerados aspectos legais, pois a maioria das florestas naturais, cerca de 67 % da vegetação nativa florestal do Brasil (461,7 milhões de hectares, BRASIL, 2002) está em Unidades de Conservação, denominadas Florestas Públicas Federais e Estaduais (308,1 milhões de hectares, SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2013b), onde a amostragem destrutiva é proibida.

Dessa forma, pode-se empregar, alternativamente, equações genéricas existentes na literatura, buscando as que tenham sido ajustadas para um conjunto de dados em condições semelhantes aos da região amostrada, disponíveis nos guias metodológicos do IPCC (EGGLESTON et al., 2006).

## **7. Área mínima das unidades amostrais e intensidade amostral mínima**

Neste item são apresentadas as recomendações de valores mínimos para a área das unidades amostrais e intensidade amostral em florestas nativas (Tabela 8), plantio puro de árvores (Tabela 9) e sistemas iLPF (Tabela 10). Estas informações constituem uma adaptação de informações de Pearson et al. (2005) e do Serviço Florestal Brasileiro (2013a).

Tabela 8. Recomendação de área de parcela e intensidade amostral mínima para florestas nativas.

Reservatório de carbono	Classe de diâmetro	Área mínima das parcelas <sup>5</sup>	Número de parcelas por local	Variáveis a medir ou avaliar
<b>Biomassa aérea de árvores</b>	5-10 cm DAP	100 m <sup>2</sup> (10 m x 10 m)	6 a 10	- DAP de todas as árvores das parcelas  - Altura de pelo menos 6 árvores por parcela
	10-20 cm DAP	100 m <sup>2</sup> (10 m x 10 m)		
	20-50 cm DAP	600 m <sup>2</sup> (20 m x 30 m)		
	>50 cm DAP	1.000 m <sup>2</sup> (20 m x 50 m)		
<b>Sub-bosque</b>	<5 cm DAP e >= 2 m altura	1 m <sup>2</sup> a 4 m <sup>2</sup> (2 m x 2 m), dependendo do tamanho da vegetação	6 a 10	- Contagem do número de plantas
	< 2 m altura ou herbáceas	50 cm x 50 cm	6 a 10	
<b>Liana</b>	D30 > 1 cm	100 m <sup>2</sup> (10 m x 10 m)	6 a 10	- D30 - DAP
<b>Bambu (touceira)</b>	> 5 cm DAP da touceira	100 m <sup>2</sup> (10 m x 10 m)	6 a 10	- Diâmetro das touceiras - DAP de 3 colmos por touceira - Altura do colmo

D30 = diâmetro a 30 cm da base; DAP = diâmetro à altura do peito (1,30 m). Adaptado de Pearson et al. (2005) e Serviço Florestal Brasileiro (2013a).

Tabela 8. Continuação.

Reservatório de carbono	Classe de diâmetro	Área mínima das parcelas <sup>5</sup>	Número de parcelas por local	Variáveis a medir ou avaliar
<b>Palmeiras/fetos</b>	< 1,30 m altura de colmo	Avaliar como sub-bosque 1 m <sup>2</sup> a 4 m <sup>2</sup> (2 m x 2 m)	6 a 10	- Pesagem do material - Registrar a presença
	< 20 cm DAP	100 m <sup>2</sup> (10 m x 10 m)		- DAP do colmo - Altura do colmo
	20-50 cm DAP	600 m <sup>2</sup> (20 m x 30 m)		- Diâmetro dos galhos, troncos, material lenhoso que intercepta a linha amostral - Classe de decomposição de cada um (1, 2 ou 3)
<b>Necromassa</b>	Material lenhoso morto > 2 cm diâmetro	Transectos de 10 m a 30 m	3 por parcela, aleatório	- Pesagem do material
<b>Serrapilheira</b>	Galhos < 2 cm diâmetro, sementes, folhas, frutos	Quadrados de 50 cm x 50 cm	10 por parcela de maior tamanho, distribuição aleatória na parcela	- Pesagem do material

D30 = diâmetro a 30 cm da base; DAP = diâmetro à altura do peito (1,30 m). Adaptado de Pearson et al. (2005) e Serviço Florestal Brasileiro (2013a).

Tabela 9. Recomendação de área de parcela e intensidade amostral mínima para florestas plantadas.

Reservatório de carbono	Classe de diâmetro	Área mínima das parcelas	Número de parcelas por local	Variáveis a medir ou avaliar
<b>Árvores plantadas</b>	> 2 cm DAP	300 m <sup>2</sup> ou uma área que permita a medição de no mínimo 15 árvores	No mínimo 5 parcelas para áreas menores que 10 ha. De 1 a 4% da área a ser inventariada, dependendo do tamanho da área.	- DAP de todas as árvores das parcelas - Altura de pelo menos 6 árvores por parcela
	Lenhosas < 5 cm DAP	1 m <sup>2</sup> a 4 m <sup>2</sup> , dependendo do tamanho da vegetação	5 amostras por parcela distribuindo entre as linhas e entre as árvores nas linhas	- Pesagem do material
<b>Sub-bosque</b>	Herbáceas	50 cm x 50 cm		
<b>Necromassa</b>	Material lenhoso morto > 2 cm diâmetro	Transectos de 10 m a 30 m	3 transectos por parcela, com distribuição aleatória na parcela	- Diâmetro dos galhos, troncos, material lenhoso que intercepta a linha amostral - Classe de decomposição de cada um (1, 2 ou 3)
	Galhos < 2 cm diâmetro, sementes, folhas, frutos	Quadrados de 50 cm x 50 cm	10 por parcela, distribuição aleatória na parcela	- Pesagem do material

DAP = diâmetro à altura do peito (1,30 m).



Tabela 10. Recomendação de avaliação dos componentes vegetais de sistemas integrados (iILPF).

Componente	Estrato	Amostragem	Área das amostras
<b>Árvores plantadas</b>	Faixa de árvores <sup>1</sup>	1% a 4% da área a ser inventariada, no mínimo 5 parcelas para áreas inferiores a 10 ha.	Cada parcela deve ter no mínimo a área ocupada por 15 árvores, seguindo o arranjo de plantio.
<b>Sub-bosque</b>	Faixa de árvores <sup>1</sup>	5 amostras por parcela de árvores, distribuindo nas linhas entre árvores e nas linhas de bordadura das árvores.	1 m <sup>2</sup> a 4 m <sup>2</sup> , dependendo do tamanho da vegetação.
<b>Serrapilheira</b>	Faixa de árvores <sup>1</sup>	5 amostras na entrelinha de árvores e mais 5 amostras nas linhas de bordadura das árvores por repetição.	Quadrados de 50 cm x 50 cm.
	Cultura agrícola ou pastagens <sup>2</sup>	5 amostras por parcela de árvores, na faixa de culturas agrícola ou pastagens distribuídas transversalmente na faixa.	Quadrados de 50 cm x 50 cm.
<b>Necromassa</b>	Faixa de árvores <sup>1</sup>	3 transectos distribuídos aleatoriamente em cada parcela de árvore, mantendo a distância de 1 m da linha de árvores. Distribuir nas linhas de bordadura das árvores e entre linhas de árvores, quando for o caso.	Transectos de 10 m a 30 m.

<sup>1</sup> Entende-se como faixa de árvores, a área de domínio das árvores.

<sup>2</sup> Distância compreendida entre as linhas de árvores.

## 8. Fichas de campo

Ao final deste documento, em anexo, encontram-se as fichas de campo necessárias para anotação das medições, em floresta nativa, plantada e sistemas integrados de produção.

Para cada parcela a ser medida, deve-se preparar um conjunto de fichas, que inclui:

- Para florestas nativas:

Formulário 1 - Croqui de acesso à parcela

Formulário 2 - Necromassa

Formulário 3 - Serrapilheira

Formulário 4 - Biomassa acima do solo, árvores, palmeiras, fetos

Formulário 9 - Biomassa de bambus

Formulário 10 - Biomassa de lianas

Formulário 11 - Biomassa de sub-bosque

- Para florestas plantadas e sistemas ILPF:

Formulário 1 - Croqui de acesso à parcela:

Formulário 2 - Necromassa

Formulário 3 - Serrapilheira

Formulário 6 - Inventário de florestas plantadas

Formulário 11 - Biomassa de sub-bosque

- Para amostragem destrutiva:

Formulário 7 - Amostragem destrutiva do tronco – Floresta plantada e Sistema ILPF

Formulário 8 - Amostragem destrutiva da copa – Floresta plantada e Sistema ILPF

## 9. Equipamentos de segurança

Todos os integrantes da equipe de medição devem utilizar equipamento de proteção adequado ao seu trabalho. O uso correto e a manutenção dos equipamento de proteção individual são essenciais para um trabalho seguro. Recomendam-se os seguintes equipamentos de proteção individual:

- Capacete de segurança, para proteção contra impactos provenientes de queda ou projeção de material sobre a cabeça;
- Calçados fechados de couro, para proteção contra impactos provenientes de quedas de material, agentes cortantes e escoriantes, umidade e contra o ataque de animais peçonhentos;
- Calçados com solado de borracha com estrias antiderrapantes, para evitar quedas em terrenos íngremes, úmidos e lamacentos;
- Botas de cano longo ou perneiras de segurança, para proteção dos membros inferiores contra o ataque de animais peçonhentos e contra agentes cortantes, perfurantes e escoriantes;
- Botas impermeáveis, para proteção em trabalhos em terrenos lamacentos, encharcados ou com dejetos de animais;
- Mangas compridas, para proteção dos membros superiores contra agentes cortantes e escoriantes, contra picada de insetos e contra queimadura solar;
- Creme com protetor solar;
- Repelente, para proteção contra insetos;
- Luvas de proteção nas atividades em que haja perigo de picadas de animais peçonhentos;
- Capa de chuva.

## 10. Estimativas do estoque de biomassa e carbono na biomassa

A aplicação de equações alométricas, que utilizam DAP, altura, densidade da madeira e outras variáveis, a dados de amostragens em formações florestais, é a opção mais adequada para estimar biomassa florestal e, por consequência, o conteúdo de carbono desta biomassa.

No entanto, resultados de amostragem destrutiva são escassos devido à dificuldade de coleta no campo, sendo muitas vezes impossível avaliar a qualidade do modelo para a estimativa da biomassa das áreas de interesse (CHAVE et al., 2005). Quando possível, deve-se confrontar os dados estimados por modelos com os medidos por amostragem destrutiva.

Para a seleção do melhor modelo, devem ser consideradas as características de análise do quadro da ANOVA, teste "F", coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro padrão da estimativa ou erro padrão residual ( $S_{yx}$ ) e erro padrão da estimativa percentual, além da análise visual da distribuição gráfica dos resíduos.

As Tabelas 11, 12 e 13 contem equações ajustadas para dados de plantios puros de *Eucalyptus* e *Pinus*, para diferentes formações vegetais nativas e para diferentes tipos de solo. Além das equações citadas neste documento, algumas de caráter mais genérico foram validadas por Burger (2005) e outras constam no documento do IPCC (PENMAN et al., 2003) - *Chapter 4: Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol*. As equações devem ser aplicadas aos dados obtidos em amostragens e devem ter seus resultados comparados aos obtidos em áreas semelhantes, como forma de validá-los.

A estimativa de biomassa também pode ser realizada a partir de dados de volume, na forma:

$$\text{Biomassa da parcela} = V \times D \times FEB \quad (6)$$

Em que: V = volume dos fustes por área ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ); D = densidade (média das espécies medidas baseadas na dominância); FEB = fator de expansão de biomassa (obtida com a equação abaixo, rearranjo da equação anterior).

O valor deste fator é obtido pela relação entre a biomassa total das árvores e a biomassa dos fustes. A biomassa dos fustes é obtida pela multiplicação do volume dos fustes pela densidade básica da madeira:

$$FEB = \frac{B}{V \times D}$$

Em que:

B = biomassa total das árvores ( $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ )

No entanto, a ausência ou escassez de dados limita o uso dessa equação.

A partir dos resultados de biomassa de cada compartimento estimado por equação alométrica ou por métodos diretos deve-se converter o estoque para carbono, utilizando o percentual de C armazenado em cada compartimento. Os resultados da concentração de C na biomassa podem ser obtidos por medidas nos próprios dados coletados ou, na sua ausência, adotar os valores sugeridos na literatura (Anexo 12). Para algumas frações, todavia, recomenda-se a análise.

**Tabela 11.** Equações alométricas para estimar biomassa (aérea e raízes) disponíveis para florestas plantadas por idade e região.

Espécie	Local	Idade (meses)	Componente	Equação	R <sup>2</sup>	DAP (cm)	Altura (m)	Referências			
<b>Mata Atlântica</b>											
<i>Pinus taeda</i>	Rio Negrinho, SC		Toda a árvore (kg.ha <sup>-1</sup> )	$\ln(BS) = -2,9508 + 1,3344 \cdot \ln(\text{área transversal, em cm}^2)$	0,96			Higa (2006)			
			Madeira	$\ln(BS) = -5,44630 + 1,40595 \cdot \ln(DAP^2H) - 0,65004 \cdot \ln(l)$	0,997	-	-				
			Casca	$\ln(BS) = -8,78716 + 1,46085 \cdot \ln(DAP^2H) - 0,50165 \cdot \ln(l)$	0,997	-	-				
			Galho	$BS = 0,00501 \cdot DAP^{3,13804} \cdot H^{1,20554} \cdot l^{0,42041}$	0,997	-	-	Silva et al. (2004)			
<i>Eucalyptus benthamii</i>	Guarapuava – centro, PR	12 a 48	Folha	$\ln(BS) = -1,12362 + 1,45144 \cdot \ln(DAP) - 0,22035 \cdot \ln(l)$	0,915	-	-				
			<b>Cerrado</b>								
			<i>Eucalyptus</i> spp	Centro-Leste, MG	24 a 120	Tronco (lenho + casca) (t.ha <sup>-1</sup> )	$B_{Tr} = 0,5860 + 1,5534 \cdot l \cdot 0,0014 \cdot l^2$	0,87			
						Lenho	$B_{Tr} = -1,2149 + 0,9190 \cdot l - 7,9195 \cdot \exp(-005 \cdot l^2)$	0,99			
Casca	$B_C / B_{Tr} = 1,1971 + 0,0801 \cdot l + 8,5275 \cdot \exp(-05 \cdot l^2)$	0,96						Gatto et al. (2011)			
Folhas	$B_F / B_{Tr} = 1,7158 \cdot l^{0,1373}$	0,34									
Galhos	$B_G / B_{Tr} = 0,5264 \cdot l^{0,5029}$	0,76									
Raízes	$B_R = 176,4035 \cdot (1 - \exp(-0,0011 \cdot B_{Tr}))$	0,97									
Manta Orgânica	$B_{Mo} = 3,5154 + 0,1943 \cdot B_{Tr} - 0,0006 \cdot B_{Tr}^2$	0,93									

BS = biomassa seca, l = idade (meses), DAP = diâmetro à altura do peito, H = altura total, BTr = biomassa do tronco, BL = biomassa do lenho, BC = biomassa da casca, BF = biomassa das folhas, BG = biomassa dos galhos, BR = biomassa das raízes, BMO = biomassa da manta orgânica, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação, ln = logaritmo neperiano, exp = inverso do logaritmo.

Tabela 12. Equações alométricas para estimar biomassa (aérea e raízes) disponíveis para *Eucalyptus grandis*, aos 11 anos de idade por tipo de solo.

Espécie	Local	Tipo de solo	Componente	Equação	R <sup>2</sup>	DAP (cm)	Altura (m)	Referências
<i>Eucalyptus grandis</i> (11 anos)	Região do Planalto Ocidental, SP	Latossolo Vermelho	Fuste	$\ln(\text{BS}) = -3,40049 + 2,24372 \cdot \ln(\text{DAP}) + 0,598236 \cdot \ln(\text{H})$ $\ln(\text{BS}) = -3,90367 + 0,983491 \cdot \ln(\text{DAP}^2\text{H})$	0,99			Mello e Gonçalves (2008)
			Casca	$\ln(\text{BS}) = -3,78059 + 1,97609 \cdot \ln(\text{DAP}) + 0,154087 \cdot \ln(\text{H})$ $\ln(\text{BS}) = -4,58199 + 0,767673 \cdot \ln(\text{DAP}^2\text{H})$	0,93			
			Folha	$\ln(\text{BS}) = -2,02795 + 3,22156 \cdot \ln(\text{DAP}) - 1,81054 \cdot \ln(\text{H})$ $\ln(\text{BS}) = -5,3157 + 0,706699 \cdot \ln(\text{DAP}^2\text{H})$	0,75	7 - 27		
			Galho	$\ln(\text{BS}) = -3,7698 + 2,58622 \cdot \ln(\text{DAP}) - 0,562812 \cdot \ln(\text{H})$ $\ln(\text{BS}) = -5,47774 + 0,795967 \cdot \ln(\text{DAP}^2\text{H})$	0,80			
			Raiz fina	$\ln(\text{BS}) = -16,4014 + 1,58772 \cdot \ln(\text{DAP}) + 3,59973 \cdot \ln(\text{H})$ $\ln(\text{BS}) = -12,2075 + 1,37722 \cdot \ln(\text{DAP}^2\text{H})$	0,95			
			Raiz grossa	$\ln(\text{BS}) = -4,48749 + 1,77292 \cdot \ln(\text{DAP}) + 0,75067 \cdot \ln(\text{H})$ $\ln(\text{BS}) = -4,61798 + 0,850577 \cdot \ln(\text{DAP}^2\text{H})$	0,96			
			Fuste	$\ln(\text{BS}) = -6,15754 + 1,80879 \cdot \ln(\text{DAP}) + 1,8094 \cdot \ln(\text{H})$ $\ln(\text{BS}) = -5,03587 + 1,10575 \cdot \ln(\text{DAP}^2\text{H})$	0,99			
			Casca	$\ln(\text{BS}) = -5,42855 + 2,32748 \cdot \ln(\text{DAP}) + 0,354028 \cdot \ln(\text{H})$ $\ln(\text{BS}) = -6,43212 + 0,983592 \cdot \ln(\text{DAP}^2\text{H})$	0,98			
			Folha	$\ln(\text{BS}) = 6,32932 + 5,98331 \cdot \ln(\text{DAP}) - 6,91803 \cdot \ln(\text{H})$ $\ln(\text{BS}) = -5,9529 + 0,78689 \cdot \ln(\text{DAP}^2\text{H})$	0,88	10 - 26		
			Galho	$\ln(\text{BS}) = -1,29486 + 5,96278 \cdot \ln(\text{DAP}) - 4,52131 \cdot \ln(\text{H})$ $\ln(\text{BS}) = -10,5938 + 1,31215 \cdot \ln(\text{DAP}^2\text{H})$	0,78			
<i>Eucalyptus grandis</i> (11 anos)	Região do Planalto Ocidental, SP	Neossolo Quartzarênico	Raiz fina	$\ln(\text{BS}) = -0,0483763 + 1,4766 \cdot \ln(\text{DAP}) - 0,773442 \cdot \ln(\text{H})$ $\ln(\text{BS}) = -1,92205 + 0,401959 \cdot \ln(\text{DAP}^2\text{H})$	0,85			
			Raiz grossa	$\ln(\text{BS}) = -5,93845 + 1,94481 \cdot \ln(\text{DAP}) + 1,11103 \cdot \ln(\text{H})$ $\ln(\text{BS}) = -5,76663 + 1,00325 \cdot \ln(\text{DAP}^2\text{H})$	0,96			
					0,99			
					0,99			

BS = biomassa seca, DAP = diâmetro à altura do peito, H = altura total, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação, ln = logaritmo neperiano.

Tabela 13. Equações alométricas disponíveis para sistemas naturais.

Estrato	Local	Fitofisionomia	Equação	R <sup>2</sup>	DAP (cm)	Altura (m)	Variáveis da equação	Referências	
<b>Mata Atlântica</b>									
Biomassa área de árvores	Florestas tropicais de diversos locais do mundo	Árvores de floresta tropical seca (< 1.500 mm.ano <sup>-1</sup> ; seca > 5 meses)	BS = 0,112 . (ρ.DAP <sup>2</sup> .H) <sup>0,916</sup> BS = ρ.exp(-0,667 + 1,784 . ln(DAP) + 0,207 . (ln(DAP) <sup>2</sup> - 0,0281 . (ln(DAP) <sup>3</sup> ))	-	5 - 153	50 - 1.000,000 (ρ.DAP <sup>2</sup> .H)	DAP, altura e densidade	Chave et al. (2005)	
		Árvores de floresta tropical úmida (1.500-3.500 mm.ano <sup>-1</sup> ; seca 1-4 meses)	BS = 0,0509 . ρ.DAP <sup>2</sup> .H BS = ρ . exp(-1,499 + 2,1481 . ln(DAP) + 0,207 . (ln(DAP) <sup>2</sup> - 0,0281 . (ln(DAP) <sup>3</sup> ))	0,996			DAP, altura e densidade		
		Árvores de floresta tropical chuvosa (> 3.500 mm.ano <sup>-1</sup> )	BS = 0,0776 . (ρ.DAP <sup>2</sup> .H) <sup>0,940</sup> BS = ρ.exp(-1,239 + 1,980 . ln(DAP) + 0,207 . (ln(DAP) <sup>2</sup> - 0,0281 . (ln(DAP) <sup>3</sup> ))	-			DAP, altura e densidade		
		Árvores de floresta tropical úmida (< 3.000 mm.ano <sup>-1</sup> )	ln(BS) = -2,19 + 2,54.ln(DAP)	0,98	5 - 10		DAP		Chave et al. (2001)
		Árvores de floresta tropical úmida (3.400 mm.ano <sup>-1</sup> )	ln(BS) = -3,068 + 2,522 . ln(DAP) ln(BS) = -3,676 + 0,951 . ln(DAP <sup>2</sup> .H)	0,91 0,94	1,6 - 47,8 1,6 - 47,8		DAP DAP, altura		Burger & Delliti (2008)
	Guiana Francesa	Floresta tropical seca (900-1500 mm.ano <sup>-1</sup> )	BS = 0,2035 . DAP <sup>2,3196</sup>	-	< 63		DAP	Brown (não publicado) citado por Pearson et al. (2005)	
		Floresta tropical seca (< 900 mm.ano <sup>-1</sup> )	BS = 10 <sup>(0,536 + log(g))</sup>	0,94	3 - 30		Área transversal a 1,3 m	Brown (1997)	
		Floresta tropical úmida (1500-4000 mm.ano <sup>-1</sup> )	BS = exp(-2,289 + 2,649 . ln(DAP) - 0,021.ln(DAP <sup>2</sup> ))	-	< 148		DAP	Brown (1997) citado por Pearson et al. (2005)	
		Floresta tropical chuvosa (> 4000 mm.ano <sup>-1</sup> )	BS = 21,297 - 6,953.DAP + 0,740.(DAP <sup>3</sup> )	0,92	4 - 112		DAP	Brown (1997)	
		Floresta tropical úmida	BS = 42,69 - 12,800 . DAP + 1,242 . DAP <sup>2</sup>	0,84	5 - 148		DAP	Brown (1997)	
Palmeiras <sup>1</sup>	Floresta Ombrófila Densa, Guaraqueçaba, PR	Floresta tropical úmida (1.500-3.500 mm.ano <sup>-1</sup> ) - montana	BS = 0,3999 + 7,907*H	0,75		1-33	Altura	Tiepolo et al. (2002)	
Lianas	Floresta Ombrófila Densa, Guaraqueçaba, PR	Floresta tropical úmida (1.500-3.500 mm.ano <sup>-1</sup> ) - montana	BS = 563,56.DAP <sup>2,6277</sup>	0,89	0,3 - 2,5		DAP	Tiepolo et al. (2002)	
Fetos arborecentes	Floresta Ombrófila Densa, Guaraqueçaba, PR	Floresta tropical úmida (1.500-3.500 mm.ano <sup>-1</sup> ) - montana	BS = -4266348 / (1-2792284 e <sup>(-0,3136772*H)</sup> )	0,88		1 - 8	Altura	Tiepolo et al. (2002) modificada por Vieira et al. (2008)	
<i>Cecropia sp</i>	Floresta Ombrófila Densa, Guaraqueçaba, PR	Floresta tropical úmida (1.500-3.500 mm.ano <sup>-1</sup> ) - montana	BS = (-0,48367 + 1,13488 . (Sqr(DAP)).Log(DAP)) <sup>2</sup>	0,62		1 - 11	DAP	Tiepolo et al. (2002)	
	Bolívia	-	BS = 12,764 + 0,2588 . DAP <sup>2,0515</sup>	-	< 40		DAP	Winrock citado por Pearson et al. (2005)	
	Paraná	Floresta Ombrófila Mista	BS = exp(-3,255172 + 0,93907 . ln(IDAP <sup>2</sup> .H))	0,90	5 - 90	5 - 30	DAP, altura	Koehler et al. 2002	

BS = biomassa seca, BV = biomassa verde, Br = biomassa de carbono, Db = diâmetro a 30 cm do solo, g = área transversal a 1,3 ou a 0,3 m conforme o diâmetro especificado para a equação (cm<sup>2</sup>), H = altura (m), ρ = densidade (g.cm<sup>3</sup>), ln = logaritmo neperiano, log = logaritmo na base 10, exp = inverso do logaritmo, Sqr = raiz quadrada, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.



Tabela 13. Continuação.

Estrato	Local	Fitofisionomia	Equação	R <sup>2</sup>	DAP (cm)	Altura (m)	Variáveis da equação	Referências
Mata Atlântica								
Biomassa aérea total			$BS = 23,846 + 0,03 \cdot DAP^2 \cdot H - 2,15E-06 \cdot DAP^6 - 0,011 \cdot DAP^3$	0,97			DAP, altura	
Fuste			$BS = -8,73 + 1,47 \cdot DAP + 0,01 \cdot DAP^2H$	0,97			DAP, altura	
Folhas	General Carneiro, sul do Paraná	Floresta Ombrófila Mista Montana -	$\ln(BS) = -5,118 + 0,742 \cdot \ln(DAP^2H)$	0,58			DAP, altura	Ratuchne (2010)
Galhos vivos			$BS = -18,53 \cdot DAP + 2,451 \cdot DAP^2 - 0,092 \cdot DAP^3 + 0,001 \cdot DAP^4 - (7,13E-06) \cdot DAP^5$	0,86	6,2 - 85	5,6 - 26	DAP	
Galhos mortos			$BS = -0,416 \cdot DAP + 0,038 \cdot DAP^2 - 0,001 \cdot DAP^2H$	0,54			DAP, altura	
Miscelânea			$BS = -0,33 \cdot DAP + 0,042 \cdot DAP^2 - 0,002 \cdot DAP^3 + 2,555E-5 \cdot DAP^4 - 1,29E-7 \cdot DAP$	0,65			DAP	
Biomassa verde do fuste	General Carneiro, PR	<i>Araucaria angustifolia</i>	$BV = -929,564 - 43,244 \cdot DAP + 1,773 \cdot DAP^2 - 0,013 \cdot DAP^3H + 1220,484 \cdot \log(H)$	0,998	-	-	DAP, altura	Balbinot et al. (2009)
Biomassa de raiz	várias	Florestas tropicais	$B_r = \exp(-1,085 + 0,9256 \cdot \ln(BS \text{ da parte aérea}))$	0,84	-	-	BS parte aérea	Cairns et al. (1997) BRA = $\exp(-1,085 + 0,9256 \cdot \ln(BPA))$
Biomassa seca total	São Paulo, SP	Floresta Ombrófila Densa	$\ln(BS) = -3,068 + 2,522 \cdot \ln(DAP)$ $\ln(BS) = -3,676 + 0,951 \cdot \ln(DAP^2H)$	0,91 0,94	1,6 - 47,8	1,9 - 27,9	DAP DAP, altura	Burger e Delitti (2008)
Biomassa seca total	Santos, SP	Floresta baixa de Restinga	$\ln(BS) = -2,052 + 0,801 \cdot \ln(DAP^2H)$	0,94	2 - 66,6	1,4 - 27,1	DAP, altura	Burger e Delitti (2010)
Biomassa seca total	Guaraqueçaba, PR	Floresta Ombrófila Densa	$BS = 21,297 - 6,953 \cdot DAP + 0,74 \cdot DAP^2$	0,91	4 - 116	-	DAP	Tiepolo et al. (2002)
Biomassa seca total	São Bernardo do Campo, SP	Floresta Ombrófila Densa	$\ln(BS) = -6,72 + 1,30 \cdot \ln(DAP^2H)$ $\ln(BS) = -4,152 + 1,061 \cdot \ln(DAP^2H)$	0,88 0,82	> 20 < 6	12,5 - 27,9 2,5 - 6,5	DAP, altura	Burger (2005)
Biomassa seca total	General Carneiro, PR	Floresta Ombrófila Mista	$BS = 284,499 - 58,61 \cdot DAP + 4,213 \cdot DAP^2 - 0,107 \cdot DAP^3 + 0,001 \cdot DAP^4 - 5,68E-6 \cdot DAP^5$	0,95	5,41 - 105,6	6,4 - 30,1	DAP	Ratuchne (2010)
Biomassa seca total	Boa Ventura do São Roque, PR	Floresta Ombrófila Mista	$BS = 0,04821 \cdot DAP^{1,34374} \cdot H^{1,26829}$	0,81	5 - 17		DAP, altura	Martins (2011)
Biomassa seca total	Itaara, RS	Floresta Estacional Semidecidual	$\ln(BS) = -0,882 + 2,409 \cdot \ln(DAP)$	0,98	3,4 - 47	6,1 - 19,4	DAP, altura	Vogel (2005)

BS = biomassa seca, BV = biomassa verde, Br = biomassa de raiz, DAP = diâmetro a 1,30 m, C = quantidade de carbono, Db = diâmetro a 30 cm do solo, g = área transversal a 1,30 ou a 0,3 m conforme o diâmetro especificado para a equação (cm<sup>2</sup>), H = altura (m), ρ = densidade (g.cm<sup>-3</sup>), ln = logaritmo neperiano, e = 2,718282, a base do logaritmo neperiano, log = logaritmo na base 10, exp = inverso do logaritmo, Sqr = raiz quadrada, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

Tabela 13. Continuação.

Estrato	Local	Fitofisionomia	Equação	R <sup>2</sup>	DAP (cm)	Altura (m)	Variáveis da equação	Referências
<b>Bioma Cerrado</b>								
Quantidade de Carbono (t)	Minas Gerais	Cerradão	$\ln(C) = -10,8771683824 + 2,6359736325 \cdot \ln(DAP) + 0,0878059946 \cdot \ln(H)$	0,95	13,2 - 52		DAP, altura	Scolforo et al. (2008)
Biomassa seca do componente lenhoso aéreo	Fazenda Água Limpa, DF	Cerrado Censo stricto	$BS = -0,49129 + 0,02912 \cdot Db^2H$ $C = -0,24564 + 0,01456 \cdot Db^2H$	0,98	5 - 32,3 (Db)	1 - 11,1	Diâmetro a 30 cm do solo, altura	Rezende et al (2006)
<b>Bioma Caatinga</b>								
Biomassa seca do componente arbóreo (kg)	Santaluz, BA e Petrolina, PE	Caatinga, 709 mm e 430 mm. ano <sup>-1</sup>	$BS = 0,1730 \cdot DAP^{2,2860}$	0,92	< 30 DAP		DAP	Sampaio & Silva (2005)
			$BS = 0,1648 \cdot (g.H. \rho)^{0,8023}$	0,96	3 - 50,3 Db	1,3 - 11,8	Área transversal a 30 cm, altura e densidade	
<b>Bioma Amazônia</b>								
Biomassa aérea total de árvores	Costa Rica Amazônia Central	Floresta Tropical úmida	$BS = 2,138 + e^{(0,00015 \cdot DAP^2)}$	0,71	60 - 105		DAP	Segura e Kanninen (2005)
		Floresta Ombrófila Densa de terra firme	$\ln(BS) = -1,716 + 2,413 \cdot \ln(DAP)$	0,96	5 - 124		DAP	
Biomassa de tronco	Amazônia Central	Floresta Ombrófila Densa de terra firme	$\ln(BS) = -1,929 + 2,335 \cdot \ln(DAP)$	0,94	5 - 124		DAP	Nogueira et al. (2008)
Biomassa de copa		Floresta Ombrófila Densa de terra firme	$\ln(BS) = -3,335 + 2,578 \cdot \ln(DAP)$	0,90	5 - 124		DAP	
Biomassa de árvores obtida a partir de ramos	Amazônia Central	Floresta Secundária	$BS = 0,2237 \cdot DAP^{2,280}$	0,97	1,1 - 21,4		DAP	Ducey et al. (2009)
Biomassa parte aérea de árvores		Floresta secundária da floresta amazônica, exceto <i>Cecropia</i> sp	$\ln(BS) = -1,9968 + 2,4128 \cdot \ln(DAP)$	0,98	1,2 - 28,6		DAP	Nelson et al. (1999)
Biomassa aérea de árvores (peso verde da árvore)	Amazônia Central	Floresta de terra firme	$\ln(BV) = -1,754 + 2,665 \cdot \ln(DAP)$	0,92	5 - 20		DAP	Higuchi et al. (1998)
			$\ln(BV) = -0,151 + 2,170 \cdot \ln(DAP)$	0,90	> 20		DAP	
Biomassa aérea total de árvores	Amazônia Central	Árvores de floresta tropical seca (<1.500 mm.ano <sup>-1</sup> ; 5 meses)	$\ln(P) = -0,0336 + DAP^{2,471} \cdot H^{1,038}$	0,94	5 - 20	11,4 - 41,4	DAP e altura total	Chave et al., 2005
			$\ln(P) = -0,0009 + DAP^{1,989} \cdot H^{2,651}$	0,92	> 20	11,4 - 41,4	DAP e altura total	
Biomassa aérea total de árvores	Florestas tropicais de diversos locais do mundo	Árvores de floresta tropical úmida (>3.500 mm.ano <sup>-1</sup> ; seca 1-4 meses)	$BS = 0,112 \cdot (\rho \cdot DAP^2 \cdot H)^{0,816}$	-	5 - 153	50 - 1.000,000 ( $\rho \cdot DAP^2 \cdot H$ )	Densidade da madeira, DAP e altura	Chave et al., 2005
			$BS = \rho \cdot \exp(-0,667 + 1,784 \ln(DAP) + 0,207 \cdot (\ln(DAP))^2 - 0,0281 \cdot (\ln(DAP))^3)$	0,996			Densidade da madeira, DAP e H	
Biomassa aérea total de árvores	Guiana Francesa	Árvores de floresta tropical chuvosa (>3.500 mm.ano <sup>-1</sup> )	$BS = 0,0509 \cdot \rho \cdot DAP^2 \cdot H$	0,996			Densidade da madeira, DAP e H	Chave et al. (2001)
			$BS = \rho \cdot \exp(-1,499 + 2,148 \ln(DAP) + 0,207 \cdot (\ln(DAP))^2 - 0,0281 \cdot (\ln(DAP))^3)$	-			Densidade da madeira, DAP e H	
		Árvores de floresta tropical úmida (<3.000 mm.ano <sup>-1</sup> )	$BS = \rho \cdot \exp(-1,239 + 1,980 \cdot \ln(DAP) + 0,207 \cdot (\ln(DAP))^2 - 0,0281 \cdot (\ln(DAP))^3)$	0,98	5 - 10		DAP	

BS = biomassa seca, BV = biomassa verde, Br = biomassa de raiz, DAP = diâmetro a 30 cm do solo, C = quantidade de carbono, Db = diâmetro a 1,30 m, H = altura (m),  $\rho$  = densidade (g.cm<sup>-3</sup>), ln = logaritmo neperiano, e = 2.718282, a base do logaritmo neperiano, log = logaritmo na base 10, exp = inverso do logaritmo, Sqr = raiz quadrada, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

Tabela 13. Continuação.

Estrato	Local	Fitoisonomia	Equação	R <sup>2</sup>	DAP (cm)	Altura (m)	Variáveis da equação	Referências
<b>Bioma Amazônia</b>								
Palmeiras	Alto Rio Negro, Colômbia e Venezuela	Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme	$BS = \exp(-6.3789 - 0.877 \cdot \ln(1/DAP^2) + 2.151 \cdot \ln(H))$	0,89			DAP, altura	Saldarriaga et al. (1988)
	Floresta secundária, Los Tuxtlas, México	Floresta tropical chuvosa (> 4.000 mm.ano <sup>-1</sup> )	$BS = \exp(5.7236 + 0.9285 \cdot \ln(DAP^2) - 1.05001/10^3)$	0,82			DAP	Hughes et al. (1999) modif. por Vieira et al. (2008). Utilizada por Lindner & Satles (2012) na Mata Atlântica RJ
Lianas	Floresta Amazônica, Presidente Figueiredo, AM	Amazônia Central	$\ln(BS) = -7,114 + 2,276 \cdot \ln(Db)$	0,73	0,1 - 13,8 Db		Db	Gehring et al. (2004)
	Floresta Ombrófila Densa, Guiana Francesa	Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (3.000 mm.ano <sup>-1</sup> )	$BS = \exp(-1,484 + 2,657 \cdot \ln(Db))$	0,69	1 - 23		Diâmetro a 30 cm do solo	Schnitzer et al. (2006)
	Floresta Ombrófila Densa - Leste da Amazônia	Floresta Ombrófila Densa	$BS = \exp(0,07 + 2,17 \cdot \ln(Db))$	0,95	1 - 13,5		Diâmetro a 30 cm do solo	Gerwing et al. (2000)
	Amazônia	Floresta de terra firme	$\log(BS) = 0,12 + 0,91 \cdot \log(g)$ , onde g é área transversal em cm <sup>2</sup>	0,82	0,9 - 12		Área transversal a 1,3m	Putz et al. (1983).
		Mangues	$\ln(BS) = -1,265 + 2,009 \cdot \ln(DAP) + 1,700 \cdot \ln(\rho)$					
		Mangues	$\ln(BS) = -1,412 + 1,980 \cdot \ln(DAP) + \ln(\rho)$					
		Mangues	$\ln(BS) = -1,786 + 2,471 \ln(DAP) + \ln(\rho)$					
		áreas áridas	$\ln(BS) = -1,023 + 1,821 \cdot \ln(DAP) + 0,198 \cdot (\ln(DAP))^2 + -0,0272 \cdot (\ln(DAP))^3 + 0,388 \cdot \ln(\rho)$					
		áreas áridas	$\ln(BS) = -0,730 + 1,784 \cdot \ln(DAP) + 0,207 \cdot (\ln(DAP))^2 + -0,0281 \cdot (\ln(DAP))^3 + \ln(\rho)$					
		áreas áridas	$\ln(BS) = -1,083 + 2,266 \cdot \ln(DAP) + \ln(\rho)$					
Biomassa seca da parte aérea		áreas super úmidas	$\ln(BS) = -1,576 + 2,179 \cdot \ln(DAP) + 1,036 \cdot \ln(\rho)$					
		áreas super úmidas	$\ln(BS) = -1,562 + 2,148 \cdot \ln(DAP) + \ln(\rho)$					
		áreas super úmidas	$\ln(BS) = -1,864 + 2,608 \cdot \ln(DAP) + \ln(\rho)$					Chave et al. (2005)
		áreas úmidas	$\ln(BS) = -1,362 + 2,013 \cdot \ln(DAP) + 0,956 \cdot \ln(\rho)$					
		áreas úmidas	$\ln(BS) = -1,302 + 1,980 \cdot \ln(DAP) + \ln(\rho)$					
		áreas úmidas	$\ln(BS) = -1,554 + 2,420 \cdot \ln(DAP) + \ln(\rho)$					
		Todos os tipos	$\ln(BS) = -1,602 + 2,266 \cdot \ln(DAP) + 0,136 \cdot (\ln(DAP))^2 + -0,0206 \cdot (\ln(DAP))^3 + 0,809 \cdot \ln(\rho)$					
		Todos os tipos	$\ln(BS) = -1,589 + 2,284 \cdot \ln(DAP) + 0,129 \cdot (\ln(DAP))^2 + -0,0197 \cdot (\ln(DAP))^3 + \ln(\rho)$					
		Todos os tipos	$\ln(BS) = -1,667 + 2,510 \cdot \ln(DAP) \cdot \ln(\rho)$					

BS = biomassa seca, BV = biomassa verde, Br = biomassa de raiz, DAP = diâmetro a 1,30 m, C = quantidade de carbono, Db = diâmetro a 30 cm do solo, g = área transversal a 1,3 ou a 0,3 m conforme o diâmetro especificado para a equação (cm<sup>2</sup>), H = altura (m),  $\rho$  = densidade (g.cm<sup>-3</sup>), ln = logaritmo neperiano, e = 2,718282, a base do logaritmo neperiano, log = logaritmo na base 10, exp = inverso do logaritmo, Sqr = raiz quadrada, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

Tabela 13. Continuação.

Estrato	Local	Fitofisionomia	Equação	R <sup>2</sup>	DAP (cm)	Altura (m)	Variáveis da equação	Referências
<b>Biomia Pantanal</b>								
<i>Dipterocarpus aurobracteatus</i>			$BS = (0,120115 \cdot DAP^{2,080}) - 1,0140$	0,98	5 - 35		DAP	Salis et al. (2004)
<i>Protium heptaphyllum</i>			$BS = 0,124556 \cdot DAP^{2,538}$	0,97	8 - 36		DAP	
<i>Terminalia argentea</i>	Pantanal	Cerradão	$BS = (0,147342 \cdot DAP^{2,409}) - 1,0149$	0,99	6 - 31		DAP	
<i>Licania minutiflora</i>			$BS = 0,103830 \cdot DAP^{2,386}$	0,91	10 - 36		DAP	
<i>Magonia pubescens</i>			$BS = 0,055787 \cdot DAP^{2,795}$	0,99	7 - 35		DAP	
Geral			$BS = 0,076842 \cdot DAP^{2,533}$	0,91	6 - 27		DAP	
<i>Attalea phalerata</i>	Pantanal	Cerradão e floresta semidecídua	$BS = 18,71 + 51,23 \cdot \text{Altura do colmo}$	0,85	-	0,8 a 3	Altura do colmo	Salis et al. (2007)
<i>Coccoloba guaranitica</i>			$BS = 6,717 \cdot \exp(DAP^{0,139})$	0,99	5 - 24		DAP	
<i>Diplokeleba floribunda</i>			$BS = 0,306 \cdot DAP^{2,145}$	0,98	7 - 27		DAP	
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Pantanal de Porto Murtinho	Chaco florestado	$BS = -76,809 + 14,899 \cdot DAP$	0,97	6 - 27		DAP	Padilha (2011)
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>			$BS = 0,094 \cdot DAP^{2,481}$	0,99	6 - 28		DAP	
Geral			$BS = 0,188 \cdot DAP^{2,266}$	0,98	7 - 25		DAP	

BS = biomassa seca, BV = biomassa verde, Br = biomassa de raiz, DAP = diâmetro a 1,30 m, C = quantidade de carbono, Db = diâmetro a 30 cm do solo, g = área transversal a 1,3 ou a 0,3 m conforme o diâmetro especificado para a equação (cm<sup>2</sup>), H = altura (m), ρ = densidade (g.cm<sup>3</sup>), ln = logaritmo neperiano, e = 2,718282, a base do logaritmo neperiano, log = logaritmo na base 10, exp = inverso do logaritmo, Sqr = raiz quadrada, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, RJ, 2003. 6 p.

BIRDSEY, R. A. Carbon accounting rules and guidelines for the United States Forest Sector. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, p.1518-1524, 2006.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)>. Acesso em: 10 set. 2012. Publicado originalmente no Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 dez. 2009. Edição extra.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapa de cobertura vegetal** [por bioma], 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas>>. Acesso em: 17 fev. 2014.

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

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass change in tropical forests**: a primer. Rome: FAO, 1997. 55 p. (FAO. Forestry paper, 134).

BURGER, D. M. **Modelos alométricos para a estimativa da fitomassa de Mata Atlântica na Serra do Mar, SP**. 2005. 112 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

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, B. W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIERA, B.; YAMAKURA, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, Berlin, v. 145, p. 87-99, 2005.

EGGLESTON, S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (Ed.). **2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**, volume 4: agriculture, forestry, and other land use. Japan: IGES, Japan. 2006. Disponível em <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>>. Acesso em: 10 out. 2010.

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2010 Main report**. Rome, 2010. 344 p. FAO.Forestry Paper,163. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2011.

FAO. **State of the World's Forests 2007**. Rome, 2007. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/sofo/en/>>. Acesso em: 15 set. 2011.

FERRETI, A. R. Fundamentos ecológicos para o planejamento da restauração florestal. In: GALVÃO, A. P. M.; MEDEIROS, A. C. de S. (Ed.). **Restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. p. 21-26.

GATTO, A.; BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de; SILVA, I. R. da; LEITE, H. G.; VILLANI, E. M. de A. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 4, p. 895-905, 2011.

GERWING, J. J.; SCHNITZER, S. A.; BURNHAM, R. A.; BONGERS, F.; CHAVE, J.; DEWALT, S. J.; EWANGO, C. E. N.; FOSTER, R.; KENFACK, D.; MARTINEZ-RAMAZOZ, M.; PARREN, M.; PARTHASARATHY, N.; PEREZ-SALICRUP, D. R.; PUTZ, F. E.; THOMAS, D. W. A standard protocol for censusing lianas. **Biotropica**, Washington, US, v. 38, n. 2, p. 256-261, 2006.

HIGA, R. C. V. **Dinâmica de carbono *Pinus taeda* L. voltadas a exigências climáticas e práticas silviculturais.** [Gainesville]: University of Florida, [2006]. 62 f. Relatório final pós doutorado. Não publicado.

KELLER, M.; PERALACE, M; ASNER, G. P.; PEREIRA JUNIOR, R.; SILVA, J. N. M. Coarse woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, Oxford, n. 10, p. 784-795, 2004.

MANUAL TÉCNICO DA VEGETAÇÃO BRASILEIRA. 2. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 276 p.

MELLO, S. L. de M.; GONÇALVES, J. L. de M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 101-111, 2008.

PEARSON, T.; WALKER, S.; BROWN, S. **Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects.** Washington DC: The World Bank, 2005. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/01/18009480/sourcebook-land-use-land-use-change-forestry-projects>>. Acesso em: 18 out. 2012.

PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal.** Curitiba, 1997. 136 p.

PENMAN, J.; GYTARSKY, M.; HIRAISHI, T.; KRUG, T.; KRUGER, D.; PIPATTI, R.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K.; WAGNER, F. (Ed.). **Intergovernmental Panel on Climate Change: good practice guidance for land use, land-use change and forestry.** Japan: IGES, 2003. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.html>>. Acesso em: 15 set. 2011.

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B.; GOMES, F. dos S. (Ed.). **As florestas e o carbono.** Curitiba, 2002. 264 p.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA, 1997. 344 p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Manual de campo**: procedimentos para coleta de dados biofísicos e socioambientais: Inventário Florestal Nacional: Brasil. Disponível em: <[http://ifn.florestal.gov.br/images/stories/Link\\_Documentos/manual%20de%20campo.pdf](http://ifn.florestal.gov.br/images/stories/Link_Documentos/manual%20de%20campo.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2013a.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Plano anual de outorga florestal**: 2014. Brasília, DF, 2013b. 114 p.

SILVA, H. D. da.; FERREIRA, C. A.; CORRÊA, R. S.; BELLOTE, A. F. J.; TUSSOLINI, E. L. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 49, p. 83-95, jul./dez. 2004.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, p. 185-206, jan./mar. 2008.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.; TIGNOR, M. M. B.; MILLER J., H. L. (Ed.). **Climate change 2007**: the physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: <[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg1\\_report\\_the\\_physical\\_science\\_basis.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm)>. Acesso em: 2 out 2012.

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. Taipei, Taiwan. **Proceedings...** Taipei: Taiwan Forestry Research Institute, 2002. p. 98-115.

VAN WAGNER, C. E. **Practical aspects of the line intersect method**. Chalk River: Canadian Forestry Service, 1982. 18 p. (Information report, PI-X-12).



VAN WAGNER, C. E. The line intersect method in forest fuel sampling. **Forest Science**, Lawrence, n. 14, p. 20-26, 1968. Disponível em: <<http://saf.publisher.ingentaconnect.com/content/saf/fs/1968/00000014/00000001/art00007>>. Acesso em: 28 nov. 2011.

WALKER, W.; BACCINI, A.; NEPSTAD, M.; HORNING, N.; KNIGHT, D.; BRAUN, E. BAUSCH, A. **Guia de campo para estimativa de biomassa florestal e estoque de carbono: versão 1.0**. Falmouth, Massachusetts: Centro de Pesquisas Woods Hole, 2011. 72 p.

**Anexo 1 – Formulário do croqui de acesso à área a ser avaliada.**

(se necessário fazer um croqui para cada parcela)

**FORMULÁRIO 1 - CROQUI DE ACESSO À PARCELA**

**Código da Parcela<sup>1</sup>:**

**Latitude da parcela ponto 1<sup>3</sup>:**

**Parcela:**

**Longitude da parcela ponto 1:**

**Latitude do PA<sup>2</sup>:**

**Latitude da parcela ponto 2<sup>4</sup>:**

**Longitude do PA:**

**Longitude da parcela ponto 2:**

**Fuso do GPS:**

**Responsável pelo croqui:**

**Croqui do PA até a parcela:**

<sup>1</sup>Criar um código para a área experimental, o qual será fornecido ao banco de dados para entrada das informações posteriormente. Recomendamos a seguinte lógica para a criação do código da unidade experimental: duas letras para bioma, duas letras para município, até 4 letras para identificar a área experimental ou fazenda, acrescido da letra “e” se for eucalipto, “a” se for acácia, “p” se for pinus, “i” se for sistema integrado incluindo floresta, “n” se for floresta natural ou campo, seguido pelo número sequencial da respectiva parcela.

Ex: MARNQUEn1 – *Bioma Mata Atlântica, município Rio Negrinho, Fazenda Queimados, Floresta Ómbrófila Mista, parcela 1.*

<sup>2</sup>Ponto de acesso: o ponto de acesso é o local onde fica estacionado o carro. <sup>3</sup>Canto superior direito ou ponto central quando parcelas têm formato circular. <sup>4</sup>Canto inferior esquerdo.



Anexo 3 – Formulário de Medição de Serrapilheira.

**FORMULÁRIO 3- SERRAPILHEIRA**

Código da Parcela: \_\_\_\_\_

Data Coleta: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Tamanho da moldura: \_\_\_\_ m x \_\_\_\_ m

<b>Número amostra</b>	<b>Peso fresco ( ____ )</b>	<b>Peso seco ( ____ )</b>	<b>Concentração C (g kg<sup>-1</sup>)</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
<b>OBS:</b>			

\*Recomenda-se também proceder à análise da concentração de N na serrapilheira, pois servirá para estimar o aporte deste elemento ao solo, o qual tem relação com a emissão de óxido nitroso, importante gás de efeito estufa estudado neste projeto, sendo uma variável essencial na modelagem matemática da dinâmica do C no solo.

Anexos do Protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal

Anexo 4 – Formulário para medidas de variáveis dendrométricas de florestas naturais.

FORMULÁRIO 4- BIOMASSA ACIMA DO SOLO\_Árvores, Palmeiras e Fetos

Código da parcela:				Data da Coleta:				
Responsável coleta:								
Área da sub-parcela 1 (m <sup>2</sup> ) e classe de DAP:								
Área da sub-parcela 2 (m <sup>2</sup> ) e classe de DAP:								
Área da sub-parcela 3 (m <sup>2</sup> ) e classe de DAP:								
D <sup>1</sup> da parcela no maior lado (%):				D <sup>1</sup> da parcela no menor lado (%):				
Cobertura de copas <sup>2</sup> : a) < 30%      b) 30 – 70%      c) > 70%								
Código Subparcela	Número árvore	<sup>3</sup> Espécie/Gênero ou Família	Número Fuste	DAP <sup>4</sup>	DB <sup>5</sup>	Htotal <sup>6</sup>	Hcopa <sup>7</sup>	Observações <sup>8</sup>

<sup>1</sup>Declividade da parcela medida com o clinômetro. <sup>2</sup>Corresponde à cobertura rala; média e fechada. <sup>3</sup>Anotar o nome da árvore, em nível de espécie. Não sabendo o nome científico, anotar o nome popular ou gênero ou família. Utilizar também para identificar xaxins e palmeiras. <sup>4</sup>Diâmetro à altura do peito (cm). O diâmetro à altura do peito é medido a 1,30m de altura, perpendicular ao eixo do tronco. Em caso de declividade superior a 15%, o responsável pela medição deverá colocar-se na parte superior do aclive. Para árvores inclinadas, consultar figuras 3 e 4 no corpo do protocolo. <sup>5</sup>Diâmetro base (cm) = valor do diâmetro medido a 30cm do solo, com aproximação de 0,5cm. <sup>6</sup>Altura total (metros) = é o comprimento entre a base e o ápice da árvore, podendo ser medido com clinômetro ou vara telescópica. <sup>7</sup>Altura da árvore até o início da copa (metros) = é o comprimento entre a base e o início da copa. <sup>8</sup>L = presença de lianas.





Anexo 6 – Formulário para amostragem destrutiva de florestas plantadas.

FORMULÁRIO 7- AMOSTRAGEM DESTRUTIVA do TRONCO DE FLORESTA PLANTADA E SISTEMA ILPF

<b>Código:</b>					<b>Parcela:</b>				<b>Espécie Vegetal:</b>								
<b>Ano de Plantio:</b>					<b>Data de Coleta:</b>				<b>Responsável Coleta:</b>								
<b>Folha</b>					<b>Circunferência na altura comercial relativa</b>												
N <sup>o</sup> da Árvore	Status <sup>1</sup>	CAP <sup>2</sup>	Htotal <sup>3</sup>	Hcom <sup>4</sup>	Base		DAP <sup>5</sup>		25% <sup>6</sup>		50% <sup>6</sup>		75% <sup>6</sup>		100% <sup>6</sup>		
					c/ casca	s/ casca	c/ casca	s/ casca	c/ casca	s/ casca	c/ casca	s/ casca	c/ casca	s/ casca	c/ casca	s/ casca	

<sup>1</sup> Do: Dominante; C: Codominante; Di: Dominada. <sup>2</sup> Circunferência à altura do peito. <sup>3</sup> Altura total. <sup>4</sup> Altura comercial. <sup>5</sup> Diâmetro à altura do peito. <sup>6</sup> Circunferência a 25, 50, 75 e 100% da altura comercial relativa, com e sem casca.



Anexo 7 – Formulário para medidas de amostragem destrutiva da copa.

**FORMULÁRIO 8 - AMOSTRAGEM DESTRUTIVA DA COPA - FLORESTA PLANTADA e ILPF**

<b>Código da parcela:</b>				<b>Data da Coleta:</b>					
<b>Responsável coleta:</b>									
<b>Número da árvore</b>	<b>MV<sup>1</sup> GG<sup>2</sup> (kg)</b>	<b>MV GF<sup>3</sup> (kg)</b>	<b>MV Folhas (kg)</b>	<b>Amostra MV GG (____)</b>	<b>Amostra MV GF (____)</b>	<b>Amostra MV Folha (____)</b>	<b>MS<sup>4</sup> GG (g)</b>	<b>MS GF (g)</b>	<b>MS Folha (g)</b>

<sup>1</sup>Massa verde ou massa fresca; <sup>2</sup>Galhos grossos (> 2,5 cm diâmetro); <sup>3</sup>Galhos finos (<2,5 cm diâmetro); <sup>4</sup>Massa seca. As amostras de MS devem ser encaminhadas para análise da concentração de C e N no tecido vegetal.

Anexo 8 – Formulário para medidas de Bambus.

FORMULÁRIO 9- BIOMASSA DE BAMBUS

<b>Código da parcela:</b>			<b>Data da Coleta:</b>				
<b>Responsável coleta:</b>			<b>Tamanho da parcela:</b>				
Medidas de touceiras BAMBU			Medidas de touceiras BAMBU				
Número da touceira	Circunferência da touceira na Base (cm)	Número de Colmos	Número da touceira	Circunferência da touceira na Base (cm)	Número de Colmos		
Detalhes dos Colmos			Detalhes dos Colmos				
Número Colmo	CAP <sup>1</sup> (cm)	Altura (cm)	Sanidade <sup>2</sup>	Número Colmo	CAP <sup>1</sup> (cm)	Altura (cm)	Sanidade <sup>2</sup>

Medidas de touceiras BAMBU			Medidas de touceiras BAMBU				
Número da touceira	Circunferência da touceira na Base (cm)	Número de Colmos	Número da touceira	Circunferência da touceira na Base (cm)	Número de Colmos		
Detalhes dos Colmos			Detalhes dos Colmos				
Número Colmo	CAP <sup>1</sup> (cm)	Altura (cm)	Sanidade <sup>2</sup>	Número Colmo	CAP <sup>1</sup> (cm)	Altura (cm)	Sanidade <sup>2</sup>

Medidas de touceiras BAMBU			Medidas de touceiras BAMBU				
Número da touceira	Circunferência da touceira na Base (cm)	Número de Colmos	Número da touceira	Circunferência da touceira na Base (cm)	Número de Colmos		
Detalhes dos Colmos			Detalhes dos Colmos				
Número Colmo	CAP <sup>1</sup> (cm)	Altura (cm)	Sanidade <sup>2</sup>	Número Colmo	CAP <sup>1</sup> (cm)	Altura (cm)	Sanidade <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Circunferência à altura do peito (1,3 m).

<sup>2</sup>S:sadio, C:cupim, P:podridão, D:danos visíveis, M:morto





**Anexo 11 – Fração de carbono contido em cada compartimento da árvore em diferentes tipos florestais.**

<b>Domínio</b>	<b>Porção da árvore</b>	<b>Fração de carbono, (FC) [t C (t em d.m<sup>-1</sup>)]</b>	<b>Referências</b>
Valor padrão	Toda	0,47	McGroddy et al. (2004)
Florestas tropicais e subtropicais	Toda	0,47 (0,44 - 0,49)	Andreae e Merlet (2001); Chambers et al. (2001); McGroddy et al. (2004); Lasco e Pulhin (2003)
	Madeira	0,49	Feldpausch et al. (2004)
	Madeira, árvore com diâmetro < 10 cm	0,46	Hughes et al. (2000)
	Madeira, árvore com diâmetro ≥ 10 cm	0,49	Hughes et al. (2000)
	Folhas	0,47	Feldpausch et al. (2004)
	Folhas, árvore com diâmetro < 10 cm	0,43	Hughes et al. (2000)
	Folhas, árvore com diâmetro ≥ 10 cm	0,46	Hughes et al. (2000)
Florestas temperadas e boreais	Toda	0,47 (0,47 – 0,49)	Andreae e Merlet (2001); Gayoso et al. (2002); Matthews (1993); McGroddy et al. (2004)
	Folhosas	0,48 (0,46 – 0,50)	Lamlom e Savidge (2003)
	Coníferas	0,51 (0,47 – 0,55)	Lamlom e Savidge (2003)

Fonte: Traduzido de EGGLESTON et al.(2006).

**Anexo 12 – Relações raiz/parte aérea para florestas tropicais e subtropicais.**

Domínio	Zona Ecológica	Biomassa acima do solo	Raiz (t massa seca de raiz * t massa seca de plantas <sup>-1</sup> )	Referências
Tropical	Floresta Ombrófila Densa		0,37	Fittkau e Klinge (1973)
	Floresta Estacional Decidual	Biomassa acima do solo < 125 t.ha <sup>-1</sup>	0,20 (0,09 – 0,25)	Mokany et al. (2006)
		Biomassa acima do solo > 125 t.ha <sup>-1</sup>	0,24 (0,22 – 0,33)	Mokany et al. (2006)
	Caatinga	Biomassa acima do solo < 20 t.ha <sup>-1</sup>	0,56 (0,28 – 0,68)	Mokany et al. (2006)
		Biomassa acima do solo > 20 t.ha <sup>-1</sup>	0,28 (0,27 – 0,28)	Mokany et al. (2006)
	Savana		0,40	Poupon (1980)
	Sistema tropical montano		0,27 (0,27 – 0,28)	Singh et al. (1994)
Subtropical	Floresta Ombrófila Mista	Biomassa acima do solo < 125 t.ha <sup>-1</sup>	0,20 (0,09 – 0,25)	Mokany et al. (2006)
		Biomassa acima do solo > 125 t.ha <sup>-1</sup>	0,24 (0,22 – 0,33)	Mokany et al. (2006)
	Estepe		0,32 (0,26 – 0,71)	Mokany et al. (2006)
	Sistema subtropical montano		Não há estimativa disponível	Mokany et al. (2006)

Fonte: Traduzido de EGGLESTON et al. (2006). A nomenclatura das formações florestais foi adaptada do Esquema de classificação da vegetação brasileira (MANUAL..., 2012, p. 133).

**Anexo 13 – Planilha acessória para definição das alturas relativas a 25%, 50% e 75%, dependendo da altura comercial da árvore.**

Hcom (m)	25%	50%	75%	Hcom (m)	25%	50%	75%	Hcom (m)	25%	50%	75%	Hcom (m)	25%	50%	75%
6,1	1,5	3,1	4,6	10,1	2,5	5,1	7,6	14,1	3,5	7,1	10,6	18,1	4,5	9,1	13,6
6,2	1,6	3,1	4,7	10,2	2,6	5,1	7,7	14,2	3,6	7,1	10,7	18,2	4,6	9,1	13,7
6,3	1,6	3,2	4,7	10,3	2,6	5,2	7,7	14,3	3,6	7,2	10,7	18,3	4,6	9,2	13,7
6,4	1,6	3,2	4,8	10,4	2,6	5,2	7,8	14,4	3,6	7,2	10,8	18,4	4,6	9,2	13,8
6,5	1,6	3,3	4,9	10,5	2,6	5,3	7,9	14,5	3,6	7,3	10,9	18,5	4,6	9,3	13,9
6,6	1,7	3,3	5,0	10,6	2,7	5,3	8,0	14,6	3,7	7,3	11,0	18,6	4,7	9,3	14,0
6,7	1,7	3,4	5,0	10,7	2,7	5,4	8,0	14,7	3,7	7,4	11,0	18,7	4,7	9,4	14,0
6,8	1,7	3,4	5,1	10,8	2,7	5,4	8,1	14,8	3,7	7,4	11,1	18,8	4,7	9,4	14,1
6,9	1,7	3,5	5,2	10,9	2,7	5,5	8,2	14,9	3,7	7,5	11,2	18,9	4,7	9,5	14,2
7	1,8	3,5	5,3	11	2,8	5,5	8,3	15	3,8	7,5	11,3	19	4,8	9,5	14,3
7,1	1,8	3,6	5,3	11,1	2,8	5,6	8,3	15,1	3,8	7,6	11,3	19,1	4,8	9,6	14,3
7,2	1,8	3,6	5,4	11,2	2,8	5,6	8,4	15,2	3,8	7,6	11,4	19,2	4,8	9,6	14,4
7,3	1,8	3,7	5,5	11,3	2,8	5,7	8,5	15,3	3,8	7,7	11,5	19,3	4,8	9,7	14,5
7,4	1,9	3,7	5,6	11,4	2,9	5,7	8,6	15,4	3,9	7,7	11,6	19,4	4,9	9,7	14,6
7,5	1,9	3,8	5,6	11,5	2,9	5,8	8,6	15,5	3,9	7,8	11,6	19,5	4,9	9,8	14,6
7,6	1,9	3,8	5,7	11,6	2,9	5,8	8,7	15,6	3,9	7,8	11,7	19,6	4,9	9,8	14,7
7,7	1,9	3,9	5,8	11,7	2,9	5,9	8,8	15,7	3,9	7,9	11,8	19,7	4,9	9,9	14,8
7,8	2,0	3,9	5,9	11,8	3,0	5,9	8,9	15,8	4,0	7,9	11,9	19,8	5,0	9,9	14,9
7,9	2,0	4,0	5,9	11,9	3,0	6,0	8,9	15,9	4,0	8,0	11,9	19,9	5,0	10,0	14,9
8	2,0	4,0	6,0	12	3,0	6,0	9,0	16	4,0	8,0	12,0	20	5,0	10,0	15,0
8,1	2,0	4,1	6,1	12,1	3,0	6,1	9,1	16,1	4,0	8,1	12,1	20,1	5,0	10,1	15,1
8,2	2,1	4,1	6,2	12,2	3,1	6,1	9,2	16,2	4,1	8,1	12,2	20,2	5,1	10,1	15,2
8,3	2,1	4,2	6,2	12,3	3,1	6,2	9,2	16,3	4,1	8,2	12,2	20,3	5,1	10,2	15,2
8,4	2,1	4,2	6,3	12,4	3,1	6,2	9,3	16,4	4,1	8,2	12,3	20,4	5,1	10,2	15,3
8,5	2,1	4,3	6,4	12,5	3,1	6,3	9,4	16,5	4,1	8,3	12,4	20,5	5,1	10,3	15,4
8,6	2,2	4,3	6,5	12,6	3,2	6,3	9,5	16,6	4,2	8,3	12,5	20,6	5,2	10,3	15,5
8,7	2,2	4,4	6,5	12,7	3,2	6,4	9,5	16,7	4,2	8,4	12,5	20,7	5,2	10,3	15,5
8,8	2,2	4,4	6,6	12,8	3,2	6,4	9,6	16,8	4,2	8,4	12,6	20,8	5,2	10,4	15,6
8,9	2,2	4,5	6,7	12,9	3,2	6,5	9,7	16,9	4,2	8,5	12,7	20,9	5,2	10,4	15,7
9	2,3	4,5	6,8	13	3,3	6,5	9,8	17	4,3	8,5	12,8	21	5,2	10,5	15,7
9,1	2,3	4,6	6,8	13,1	3,3	6,6	9,8	17,1	4,3	8,6	12,8	21,1	5,3	10,5	15,8
9,2	2,3	4,6	6,9	13,2	3,3	6,6	9,9	17,2	4,3	8,6	12,9	21,2	5,3	10,6	15,9
9,3	2,3	4,7	7,0	13,3	3,3	6,7	10,0	17,3	4,3	8,7	13,0	21,3	5,3	10,7	16,0
9,4	2,4	4,7	7,1	13,4	3,4	6,7	10,1	17,4	4,4	8,7	13,1	21,4	5,3	10,7	16,0
9,5	2,4	4,8	7,1	13,5	3,4	6,8	10,1	17,5	4,4	8,8	13,1	21,5	5,4	10,8	16,1
9,6	2,4	4,8	7,2	13,6	3,4	6,8	10,2	17,6	4,4	8,8	13,2	21,6	5,4	10,8	16,2
9,7	2,4	4,9	7,3	13,7	3,4	6,9	10,3	17,7	4,4	8,9	13,3	21,7	5,4	10,8	16,3
9,8	2,5	4,9	7,4	13,8	3,5	6,9	10,4	17,8	4,5	8,9	13,4	21,8	5,4	10,9	16,3
9,9	2,5	5,0	7,4	13,9	3,5	7,0	10,4	17,9	4,5	9,0	13,4	21,9	5,5	10,9	16,4
10	2,5	5,0	7,5	14	3,5	7,0	10,5	18	4,5	9,0	13,5	22	5,5	11,0	16,5

Anexos do Protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal

Anexo 13 - Continuação.

Hcom (m)	25%	50%	75%	Hcom (m)	25%	50%	75%	Hcom (m)	25%	50%	75%	Hcom (m)	25%	50%	75%
22,1	5,5	11,1	16,6	26,1	6,5	13,1	19,6	30,1	7,5	15,1	22,6	34,1	8,5	17,1	25,6
22,2	5,6	11,1	16,7	26,2	6,6	13,1	19,7	30,2	7,6	15,1	22,7	34,2	8,6	17,1	25,7
22,3	5,6	11,2	16,7	26,3	6,6	13,2	19,7	30,3	7,6	15,2	22,7	34,3	8,6	17,2	25,7
22,4	5,6	11,2	16,8	26,4	6,6	13,2	19,8	30,4	7,6	15,2	22,8	34,4	8,6	17,2	25,8
22,5	5,6	11,3	16,9	26,5	6,6	13,3	19,9	30,5	7,6	15,3	22,9	34,5	8,6	17,3	25,9
22,6	5,7	11,3	17,0	26,6	6,7	13,3	20,0	30,6	7,7	15,3	23,0	34,6	8,7	17,3	26,0
22,7	5,7	11,4	17,0	26,7	6,7	13,4	20,0	30,7	7,7	15,4	23,0	34,7	8,7	17,4	26,0
22,8	5,7	11,4	17,1	26,8	6,7	13,4	20,1	30,8	7,7	15,4	23,1	34,8	8,7	17,4	26,1
22,9	5,7	11,5	17,2	26,9	6,7	13,5	20,2	30,9	7,7	15,5	23,2	34,9	8,7	17,5	26,2
23	5,8	11,5	17,3	27	6,8	13,5	20,3	31	7,8	15,5	23,3	35	8,8	17,5	26,3
23,1	5,8	11,6	17,3	27,1	6,8	13,6	20,3	31,1	7,8	15,6	23,3	35,1	8,8	17,6	26,3
23,2	5,8	11,6	17,4	27,2	6,8	13,6	20,4	31,2	7,8	15,6	23,4	35,2	8,8	17,6	26,4
23,3	5,8	11,7	17,5	27,3	6,8	13,7	20,5	31,3	7,8	15,7	23,5	35,3	8,8	17,7	26,5
23,4	5,9	11,7	17,6	27,4	6,9	13,7	20,6	31,4	7,9	15,7	23,6	35,4	8,9	17,7	26,6
23,5	5,9	11,8	17,6	27,5	6,9	13,8	20,6	31,5	7,9	15,8	23,6	35,5	8,9	17,8	26,6
23,6	5,9	11,8	17,7	27,6	6,9	13,8	20,7	31,6	7,9	15,8	23,7	35,6	8,9	17,8	26,7
23,7	5,9	11,9	17,8	27,7	6,9	13,9	20,8	31,7	7,9	15,9	23,8	35,7	8,9	17,9	26,8
23,8	6,0	11,9	17,9	27,8	7,0	13,9	20,9	31,8	8,0	15,9	23,9	35,8	9,0	17,9	26,9
23,9	6,0	12,0	17,9	27,9	7,0	14,0	20,9	31,9	8,0	16,0	23,9	35,9	9,0	18,0	26,9
24	6,0	12,0	18,0	28	7,0	14,0	21,0	32	8,0	16,0	24,0	36	9,0	18,0	27,0
24,1	6,0	12,1	18,1	28,1	7,0	14,1	21,1	32,1	8,0	16,1	24,1	36,1	9,0	18,1	27,1
24,2	6,1	12,1	18,2	28,2	7,1	14,1	21,2	32,2	8,1	16,1	24,2	36,2	9,1	18,1	27,2
24,3	6,1	12,2	18,2	28,3	7,1	14,2	21,2	32,3	8,1	16,2	24,2	36,3	9,1	18,2	27,2
24,4	6,1	12,2	18,3	28,4	7,1	14,2	21,3	32,4	8,1	16,2	24,3	36,4	9,1	18,2	27,3
24,5	6,1	12,3	18,4	28,5	7,1	14,3	21,4	32,5	8,1	16,3	24,4	36,5	9,1	18,3	27,4
24,6	6,2	12,3	18,5	28,6	7,2	14,3	21,5	32,6	8,2	16,3	24,5	36,6	9,2	18,3	27,5
24,7	6,2	12,3	18,5	28,7	7,2	14,3	21,5	32,7	8,2	16,4	24,5	36,7	9,2	18,4	27,5
24,8	6,2	12,4	18,6	28,8	7,2	14,4	21,6	32,8	8,2	16,4	24,6	36,8	9,2	18,4	27,6
24,9	6,2	12,4	18,7	28,9	7,2	14,4	21,7	32,9	8,2	16,4	24,7	36,9	9,2	18,5	27,7
25	6,2	12,5	18,7	29	7,2	14,5	21,7	33	8,2	16,5	24,7	37	9,3	18,5	27,8
25,1	6,3	12,5	18,8	29,1	7,3	14,5	21,8	33,1	8,3	16,6	24,8	37,1	9,3	18,6	27,8
25,2	6,3	12,6	18,9	29,2	7,3	14,6	21,9	33,2	8,3	16,6	24,9	37,2	9,3	18,6	27,9
25,3	6,3	12,7	19,0	29,3	7,3	14,7	22,0	33,3	8,3	16,6	25,0	37,3	9,3	18,7	28,0
25,4	6,3	12,7	19,0	29,4	7,3	14,7	22,0	33,4	8,3	16,7	25,0	37,4	9,4	18,7	28,1
25,5	6,4	12,8	19,1	29,5	7,4	14,8	22,1	33,5	8,4	16,8	25,1	37,5	9,4	18,8	28,1
25,6	6,4	12,8	19,2	29,6	7,4	14,8	22,2	33,6	8,4	16,8	25,2	37,6	9,4	18,8	28,2
25,7	6,4	12,8	19,3	29,7	7,4	14,8	22,3	33,7	8,4	16,9	25,3	37,7	9,4	18,9	28,3
25,8	6,4	12,9	19,3	29,8	7,4	14,9	22,3	33,8	8,4	16,9	25,3	37,8	9,5	18,9	28,4
25,9	6,5	12,9	19,4	29,9	7,5	14,9	22,4	33,9	8,5	16,9	25,4	37,9	9,5	19,0	28,4
26	6,5	13,0	19,5	30	7,5	15,0	22,5	34	8,5	17,0	25,5	38	9,5	19,0	28,5



**Embrapa**

---

**Florestas**

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

CGPE 11137