

# ESTOQUE VOLUMÉTRICO, DE BIOMASSA E DE CARBONO EM UMA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL EM VIÇOSA, MINAS GERAIS<sup>1</sup>

Marco Antonio Amaro<sup>2</sup>, Carlos Pedro Boechat Soares<sup>3</sup>, Agostinho Lopes de Souza<sup>3</sup>, Helio Garcia Leite<sup>3</sup> e Gilson Fernandes da Silva<sup>4</sup>

**RESUMO** – Este trabalho teve por objetivo estimar o estoque volumétrico, de biomassa e de carbono das árvores (nível 1), sub-bosque (nível 2) e serapilheira (nível 3), em uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, estado de Minas Gerais. Os dados para o nível 1 de abordagem foram obtidos em 15 parcelas de 0,1 ha cada. Para o nível 2 e 3 foram utilizadas 15 parcelas de 25 m<sup>2</sup> e 6,25 m<sup>2</sup>, respectivamente, localizadas dentro das parcelas do nível 1. O volume total com casca nas árvores vivas foi de 281,51 ± 105,80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, sendo que 15,2% deste valor corresponderam à casca. O fuste com casca contribuiu com 80,30% do volume total e a copa com 19,70%. O total de biomassa foi igual a 227,40 ± 77,81 t ha<sup>-1</sup>. As árvores vivas contribuíram em média com 82,8% deste total, seguido da serapilheira (5,1%); espécies não arbóreas (4,2%); árvores mortas (3,5%); arvoretas (2,9%); mudas (1,5%). Do total de biomassa, 181,48 t ha<sup>-1</sup> (79,8%) estavam acima do solo; 34,3 t ha<sup>-1</sup> (15,1%) nas raízes e 11,62 t ha<sup>-1</sup> (5,1%) na serapilheira. O estoque total de carbono foi de 108,98 ± 35,33 t ha<sup>-1</sup>. As árvores vivas contribuíram com 82,6%; serapilheira 5,2%; espécies não arbóreas 4,2%; árvores mortas 3,5%; arvoretas 3,0%; mudas 1,5%. Do estoque total de carbono, 86,93 t ha<sup>-1</sup> (79,7%) estavam acima do solo; 16,41 t ha<sup>-1</sup> (15,1%) nas raízes e 5,64 t ha<sup>-1</sup> (5,2%) na serapilheira.

Palavras-chave: Floresta Estacional Semidecidual; Biomassa; Floresta Atlântica.

## **VOLUME, BIOMASS AND CARBON STOCKS IN A SEASONAL SEMIDECIDUOUS FOREST IN VIÇOSA, MINAS GERAIS STATE**

**ABSTRACT** – The objective of this study was to estimate volume, biomass and carbon Stocks in trees (level 1), shrubs and seedlings (level 2) and litter (level 3), in a Semideciduous Seasonal Forest in Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. Data of level 1 of approaching were obtained from 15 plots with 0.1 ha each. Fifteen plots of 25 m<sup>2</sup> and 6.25 m<sup>2</sup> were used in levels 2 and 3, respectively, located in level 1 plots. The total volume outside bark (stem + crown) was estimated in 281.51 ± 105.80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> and 15.2% of this estimate corresponded to bark volume. The stem contributed with 80.30% of the total volume and the crown with 19.70%. The total biomass was estimated in 227.40 ± 77.81 t ha<sup>-1</sup>. Of this total, 181.48 t ha<sup>-1</sup> (79.7%) were aboveground; 34.3 t ha<sup>-1</sup> (15.2%) in the roots and 11.62 t ha<sup>-1</sup> (5.1%) in the litter. The alive trees contributed on average with 82.8% of the total biomass, followed by litter (5.1%); no arborous species (4.2%); dead trees (3.5%); shrubs (2.9%); seedlings (1.5%). The total carbon stock was estimated in 108.98 ± 35.33 t ha<sup>-1</sup>. The percentile contribution was similar to found for biomass: alive trees 82.6%; litter 5.2%; no arborous species 4.2%; dead trees 3.5%; shrubs 3.0%; and seedlings 1.5%. Of the total carbon stock, 86.93 t ha<sup>-1</sup> (79.7%) were aboveground; 16.41 t ha<sup>-1</sup> (15.1%) in the roots and 5.64 t ha<sup>-1</sup> (5.2%) in the litter.

Keywords: Atlantic Forest; Biomass; Semideciduous Seasonal Forest.

<sup>1</sup> Recebido em 12.06.2012 aceito para publicação em 13.08.2013

<sup>2</sup> Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza - CCBN. Email: <marcoantonioamaro@hotmail.com>.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Florestal. E-mail: <csoares@ufv.br>, <alsouzaa@gmail.com> e <hgleite@gmail.com>.

<sup>4</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Florestal. Email: <fernandes5012@gmail.com>



## 1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica, mesmo sendo um bioma importante do ponto de vista econômico, social e ambiental, vem sendo destruída devido às atividades antrópicas como exploração madeireira não sustentável; expansão urbana, industrial e agropecuária; e obras de infraestrutura (CEPF, 2001, LAGOS; MULLER, 2007). Por isso é considerado um dos biomas mais ameaçados no mundo (MYERS et al., 2000).

Além do manejo florestal, outra alternativa para diminuir o desmatamento da Mata Atlântica é a valorização da floresta, por meio da obtenção de créditos de carbono. No entanto, isso ainda não é possível, uma vez que o Protocolo de Quioto reconhece como sumidouro de carbono apenas os florestamentos e reflorestamentos. Contudo, iniciativas como os projetos de REDD (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação) vem sendo discutidas em diferentes fóruns e deverá ser implementada, de forma a contemplar as florestas naturais (RIBEIRO et al., 2011).

Florestas sob as mesmas condições edafoclimáticas apresentam diferença nos estoques de volume, biomassa e, conseqüentemente, de carbono, pois, segundo Lugo et al. (1988) e Caldeira et al. (2004), o clima, o tipo de solo, o relevo, a hidrografia e a variação genética dentro de uma espécie e entre espécies, influenciam na produção e acúmulo de biomassa em áreas florestais, principalmente nativas.

Assim sendo, estudos considerando diferentes vegetações, em diferentes regiões do Brasil, mostram que as estimativas de biomassa acima do solo variavam de 31,6 t ha<sup>-1</sup> a 495 t ha<sup>-1</sup> e as estimativas do estoque de carbono de 28,84 t ha<sup>-1</sup> e 192,09 t ha<sup>-1</sup>, (HIGUCHI; CARVALHO JUNIOR, 1994; DRUMOND et al., 1997; ALVES et al., 1997; PAULA et al., 1998; NASCIMENTO; LAURANCE, 2002; SANQUETTA et al., 2002; CALDEIRA et al., 2004; BRUN et al., 2005; BRITZ et al., 2006; VOGEL et al., 2006; AMARO et al., 2008; BOINA, 2008; RIBEIRO et al. 2009).

Rolim et al. (2006) e Nogueira et al. (2008), verificaram que a diferença nas estimativas do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em florestas nativas pode ser significativa devido a influência de fatores como a diferença na estrutura e composição de espécies das florestas, nível mínimo de inclusão (DAP ou CAP),

metodologias adotadas para a obtenção das estimativas e compartimentos da floresta que foram considerados nas estimativas.

Assim sendo, torna-se fundamental obter informações mais detalhadas sobre as metodologias utilizadas para a quantificação do estoque de carbono em florestas naturais, bem como gerar estimativas precisas deste estoques, para que possam ser utilizados para subsidiar projetos de obtenção de créditos de carbono, como, por exemplo, os projetos REDD.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo estimar o estoque volumétrico, de biomassa e de carbono das árvores, sub-bosque e serapilheira, em uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, a qual pertencente ao bioma Mata Atlântica. Segundo Carvalho e Scolforo (2008) Minas Gerais possui uma cobertura vegetal de 33,8% do seu território, sendo as florestas estacionais semidecíduais responsáveis por 8,9% (26,3% do valor total). Este valor é inferior apenas a área ocupada pelo cerrado que é de 9,4%. Com base no exposto observa-se a importância de estudos que possibilitem ampliar o conhecimento do estoque de biomassa e de carbono nesta tipologia florestal.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Descrição do local

O presente trabalho foi desenvolvido em um fragmento florestal com 17 ha, denominado de Mata da Silvicultura (42° 52' 30" W e 20° 46' 10" S), localizado no município de Viçosa-MG adquirido pela Universidade Federal de Viçosa em 1936. A temperatura média máxima da região é de 26 °C e a média mínima de 14 °C, com verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.338 mm (OLIVEIRA JUNIOR; DIAS, 2005).

A topografia local é acidentada, apresentando relevo forte ondulado e montanhoso, com vales estreitos e úmidos. A altitude varia entre 600 e 970 m, estando o município a 670 metros de altitude. Os solos do município apresentam predominância de duas classes: Latossolo vermelho-amarelo álico, que predomina no topo dos morros e encostas, e o Podzólico vermelho-amarelo câmbico, que predomina nos terraços (RIBEIRO et al., 2010). A vegetação do município de Viçosa é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana (VELOSO et al., 1991).

## 2.2. Coleta de dados

Os dados deste estudo foram obtidos em um procedimento de inventário florestal, considerando os indivíduos arbóreos e não arbóreos (nível 1), o sub-bosque (nível 2) e a serapilheira (nível 3).

No nível 1, foram lançadas ao acaso 15 parcelas de 20 x 50 m (0,1 ha), dentro das quais todos os indivíduos com DAP ≥ 5,0 cm foram inventariados, sendo que os vivos foram identificados botanicamente e tiveram seus diâmetros e altura do fuste (início da copa) mensurados para quantificar os estoques volumétrico, de biomassa e carbono e proceder a análise fitossociológica.

No nível 2 foram lançadas parcelas de 5 x 5 m (25 m<sup>2</sup>), dentro das parcelas do nível 1. Nestas parcelas, todos os indivíduos com DAP < 5,0 cm e altura do fuste ≥ 1,3 metros (arvoretas) e com altura do fuste < 1,3 metros (mudas), foram cortados e pesados para obtenção do peso úmido (PU(c)). Após, amostras de peso conhecido (PU(a)) foram retiradas e levadas ao laboratório para determinação dos pesos secos (PS(a)).

Os dados do nível 3 foram obtidos em parcelas de 2,5 x 2,5 m (6,25 m<sup>2</sup>), lançadas dentro das parcelas do nível 2. Todo material depositado sobre o solo dentro de cada parcela foi coletado e pesado (PU(c)). Foi retirada uma amostra de peso conhecido (PU(a)), a qual foi levada ao laboratório para pesagem para determinação do peso seco (PS(a)).

A divisão da floresta em níveis de abordagem ou compartimentos neste trabalho, atende ao que foi proposto pelo IPCC (2005), para a biomassa viva (sobre o solo e abaixo do solo) e matéria orgânica morta (madeira

morta e detritos), em estudos de estoque de biomassa e carbono em depósitos terrestres de origem vegetal. Somente o compartimento solo (matéria orgânica) não foi amostrado.

## 2.3. Estimativas de volume, biomassa e carbono

Para estimar o volume no fuste das árvores vivas no nível 1 de abordagem e a biomassa e o carbono das árvores vivas e mortas neste nível, foram utilizadas as equações ajustadas por Amaro (2010), para a Mata da Silvicultura (Tabela 1).

As estimativas dos volumes das copas das árvores foram obtidas utilizando as equações do Cetec (1995) para Floresta Estacional Semidecidual Montana. As estimativas de biomassa e carbono foram obtidas multiplicando-se as estimativas do volume de copa (madeira e casca) pelas respectivas densidades básicas e teores de carbono (Tabela 2). Para as espécies que não possuíam estimativas de densidade básica e o teor de carbono, foi utilizada a média ponderada (Tabela 2).

A biomassa de folhas das árvores vivas, no nível 1 de abordagem, foi estimada utilizando como base os estudos realizados por Drumond et al. (1997), nos quais, avaliando duas áreas de Mata Atlântica na região do médio rio Doce, encontrou que a biomassa de folhas representa, em média, 4,45% da biomassa total do fuste. Para obter a estimativa de biomassa de raízes das árvores vivas e mortas, considerou-se que estas representavam 24% da biomassa total do fuste (GOLLEY et al., 1978). O carbono estocado nas raízes e nas folhas foi estimado multiplicando-se a biomassa das raízes e das folhas por 0,4854, que é a média dos teores de carbono da madeira e da casca (Tabela 2).

**Tabela 1** – Equações para estimar o volume, a biomassa e a carbono com e sem casca (VFcc, VFsc, BFcc, BFsc, CFcc e CFsc).

**Table 1** – Equations to estimate volume, biomass and carbon outside and inside bark (VFcc, VFsc, BFcc, BFsc, CFcc e CFsc).

$VF_{cc} = 0,000097.DAP^{2,143541}.Hf^{0,597848}$	$\bar{R}^2 = 98,49\%$	$S_{y.x} = \pm 12,5\%$	(1)
$VF_{sc} = 0,000086.DAP^{2,000795}.Hf^{0,774811}$	$\bar{R}^2 = 98,53\%$	$S_{y.x} = \pm 12,0\%$	(2)
$BF_{cc} = 0,033430.DAP^{2,397902}.Hf^{0,426536}$	$\bar{R}^2 = 95,63\%$	$S_{y.x} = \pm 22,6\%$	(3)
$BF_{sc} = 0,028135.DAP^{2,306505}.Hf^{0,557845}$	$\bar{R}^2 = 94,93\%$	$S_{y.x} = \pm 24,2\%$	(4)
$CF_{cc} = 0,013840.DAP^{2,437632}.Hf^{0,428609}$	$\bar{R}^2 = 95,34\%$	$S_{y.x} = \pm 23,6\%$	(5)
$CF_{sc} = 0,011965.DAP^{2,339131}.Hf^{0,559942}$	$\bar{R}^2 = 94,64\%$	$S_{y.x} = \pm 25,1\%$	(6)



**Tabela 2** – Lista de espécies e respectivas estimativas de densidades básicas e teores de carbono na madeira e na casca.  
**Table 2** – List of species and respective estimates of basic densities and content of carbon in the wood and bark.

Espécies	Madeira		Casca	
	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	Carbono (%)	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	Carbono (%)
<i>Allophylus edulis</i>	0,420	48,06	0,470	46,00
<i>Anadenanthera peregrina</i>	0,639	49,18	0,512	49,89
<i>Apuleia leiocarpa</i>	0,622	46,15	0,537	47,78
<i>Cariniana estrellensis</i>	0,567	48,21	0,416	46,58
<i>Casearia ulmifolia</i>	0,551	47,90	0,378	50,70
<i>Copaifera langsdorffii</i>	0,601	47,25	0,599	46,18
<i>Maprounea guianensis</i>	0,537	47,07	0,607	44,60
<i>Ocotea odorifera</i>	0,524	47,38	0,424	48,82
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	0,556	48,08	0,724	44,72
<i>Platypodium elegans</i>	0,662	47,17	0,342	51,10
<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	0,472	48,60	0,466	47,20
<i>Siparuna guianensis</i>	0,563	48,41	0,506	47,02
<i>Tapirira guianensis</i>	0,456	46,54	0,446	47,90
<i>Trattinickia rhoifolia</i>	0,493	47,09	0,642	47,81
<b>Média ponderada*</b>	<b>0,586</b>	<b>48,26</b>	<b>0,492</b>	<b>48,83</b>

\* Ponderação feita pela participação do volume da espécie no volume total da floresta.  
 Fonte: Amaro (2010)

Devido ao fato de não terem sido encontrados em literatura, métodos específicos para estimar os estoques de biomassa e de carbono para as espécies não-arbóreas, estes foram estimados utilizando-se a mesma metodologia das espécies arbóreas, apesar do risco de haver superestimação já que a densidade pode ser extremamente diferente entre os distintos hábitos de vida. Caso isso ocorra, o impacto no resultado final poderá ser minimizado devido a pequena ocorrência destes indivíduos no levantamento realizado.

Nos níveis 2 e 3 de abordagem, a biomassa dentro de cada parcela foi estimada utilizando a seguinte expressão (SOARES et al., 2006):

$$PS(c) = \frac{PU(c).PS(a)}{PU(a)} \quad (7)$$

em que PS (c) = biomassa, em kg; PU (c) = peso úmido do material dentro da parcela, em kg; PU (a) = peso úmido da amostra levada ao laboratório, em kg; e PS (a) = peso seco da amostra, em kg.

A estimativa da biomassa de raízes no nível 2 de abordagem foi obtida multiplicando-se as estimativas de biomassa por 0,24, conforme utilizado para estimar a biomassa de raízes do nível 1. Neste caso corre-se

o risco de super ou subestimação, porém, devido a inexistência de estimadores específicos esta foi a alternativa encontrada para gerar a informação. As estimativas do carbono estocado nos níveis 2 e 3 foram obtidas multiplicando-se as respectivas estimativas de biomassa por 0,4854, conforme utilizado para raízes e folhas, no nível 1 de abordagem.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Caracterização da Mata da Silvicultura

De acordo com o inventário florestal da Mata da Silvicultura foram identificadas 46 famílias botânicas e 201 espécies. De uma estimativa média de 1595 fustes por hectare com DAP  $\geq$  5,0 cm (nível 1), 12 fustes eram de espécies não arbóreas (0,75%) – *Attalea dubia*; 85 fustes estavam mortos (5,31%) e 1498 fustes eram de espécies arbóreas (93,94%). A área basal média foi de 27,70 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> ( $\pm$  23,39%). A altura média dos fustes foi igual a 7,14 m ( $\pm$  51,12%) e a altura total média igual a 10,18 m ( $\pm$  45,58%).

As dez espécies com os maiores índice de valores de importância (IVI) foram: *Anadenanthera peregrina*, *Bathysa nicholsonii*, *Siparuna arianaeae*, *Casearia ulmifolia*, *Apuleia leiocarpa*, *Pseudopiptadenia contorta*, *Casearia arborea*, *Attalea dubia*,

*Aparisthmium cordatum* e *Lacistema pubescens*, que juntas representaram 46,1% da área basal por hectare e 40,5% do número de fustes por hectare.

### 3.2. Estoque volumétrico, de biomassa e de carbono

O volume total médio com casca das árvores vivas no nível 1 de abordagem foi igual a  $281,51 \pm 105,80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , sendo que 15,2% deste valor correspondem à casca. O fuste com casca contribuiu com 80,30% do volume total e a copa com 19,70% (Tabela 3).

O valor médio para a biomassa estocada na Mata da Silvicultura foi de  $227,40 \pm 71,81 \text{ t ha}^{-1}$  (Tabela 4). As árvores vivas com  $\text{DAP} \geq 5,0 \text{ cm}$  contribuíram em média com 82,8% deste total, seguido da serapilheira (5,1%); espécies não arbóreas (4,2%); árvores mortas (3,5%); arvoretas (2,9%); mudas (1,5%). Do total de biomassa,  $181,48 \text{ t ha}^{-1}$  (79,8%) estavam acima do solo;  $34,30 \text{ t ha}^{-1}$  (15,1%) nas raízes e  $11,62 \text{ t ha}^{-1}$  (5,1%) na serapilheira.

O carbono total estocado foi igual a  $108,98 \pm 35,33 \text{ t ha}^{-1}$  (Tabela 4). As árvores vivas contribuíram com 82,6% deste total; serapilheira 5,2%; espécies não arbóreas 4,2%; árvores mortas 3,5%; arvoretas 3,0%; mudas 1,5%. Do total de carbono estocado,  $86,93 \text{ t ha}^{-1}$  (79,7%) estão acima do solo;  $16,41 \text{ t ha}^{-1}$  (15,1%) nas raízes e  $5,64 \text{ t ha}^{-1}$  (5,2%) na serapilheira.

Para os indivíduos com  $\text{DAP} \geq 5,0 \text{ cm}$ , o estoque de biomassa estimado para os fustes com casca foi de  $134,83 \text{ t ha}^{-1}$  (59,3% do total);  $21,01 \text{ t ha}^{-1}$  (9,2%) para a casca do fuste;  $33,00 \text{ t ha}^{-1}$  (14,42%) para a copa com casca;  $4,52 \text{ t ha}^{-1}$  (1,92%) para a casca da copa;  $5,55 \text{ t ha}^{-1}$  (2,5%) para as folhas e  $32,36 \text{ t ha}^{-1}$  (14,3%) para as raízes. As cascas do fuste e da copa juntas representaram 11,12% da biomassa total. Para estes mesmos indivíduos ( $\text{DAP} \geq 5,0 \text{ cm}$ ), a estimativa do estoque de carbono para os fustes com casca foi igual a  $64,42 \text{ t ha}^{-1}$  (59,1% do total);  $9,95 \text{ t ha}^{-1}$  (9,1%) para a casca do fuste;  $15,89 \text{ t ha}^{-1}$  (14,52%) para a copa com casca;  $2,20 \text{ t ha}^{-1}$  (2%) para a casca da copa;  $2,69 \text{ t ha}^{-1}$  (2,5%) para as folhas e  $15,46 \text{ t ha}^{-1}$  (14,2%) para as raízes. A casca do fuste e da copa representa 11,2% do carbono total estocado.

Os indivíduos com  $\text{DAP} < 5,0 \text{ cm}$  e  $\text{Hf} \geq 1,3 \text{ m}$  (arvoretas) apresentaram estimativa de biomassa da parte aérea igual a  $5,38 \text{ t ha}^{-1}$  (2,3% do total) e de raízes igual a  $1,29 \text{ t ha}^{-1}$  (0,6% do total). Os indivíduos com  $\text{DAP} < 5,0 \text{ cm}$  e  $\text{Hf} < 1,3 \text{ m}$  (mudas) apresentaram biomassa da parte aérea de  $2,72 \text{ t ha}^{-1}$  (1,2% do total) e de raízes de  $0,65 \text{ t ha}^{-1}$  (0,3% do total). Para o carbono estocado na parte aérea das arvoretas a estimativa foi de  $2,61 \text{ t ha}^{-1}$  (2,4% do total) e de raízes igual a  $0,63 \text{ t ha}^{-1}$  (0,6% do total). Para as mudas, a estimativa do carbono na parte aérea foi de  $1,32 \text{ t ha}^{-1}$  (1,2% do total) e nas raízes de  $0,32 \text{ t ha}^{-1}$  (0,3% do total).

**Tabela 3** – Volumes com casca (fuste, copa e total) por hectare, na Mata da Silvicultura, Viçosa, Minas Gerais.

**Table 3** – Volume outside bark (stem, crown and total) per hectare in the Mata da Silvicultura, Viçosa, Minas Gerais State.

Parcela	Estimativas ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )					
	Fuste		Copa		Total	
	Com casca	Sem casca	Com casca	Sem casca	Com casca	Sem casca
1	271,11	217,37	63,90	51,74	335,01	269,11
2	173,30	148,97	47,53	40,71	220,83	189,68
3	154,99	133,05	45,62	39,07	200,61	172,12
4	118,38	100,41	36,11	30,54	154,49	130,95
5	170,02	146,52	35,12	30,40	205,14	176,92
6	246,16	208,44	53,41	45,40	299,57	253,84
7	479,76	406,16	99,83	84,45	579,59	490,61
8	234,03	204,22	57,03	49,70	291,06	253,92
9	190,93	159,81	52,71	44,14	243,64	203,95
10	270,86	229,66	55,71	47,42	326,57	277,08
11	211,67	178,16	61,77	51,82	273,44	229,98
12	194,36	167,27	55,76	47,72	250,12	214,99
13	169,39	147,77	50,86	44,29	220,25	192,06
14	160,83	132,76	44,51	37,09	205,34	169,85
15	345,21	293,01	71,66	61,21	416,87	354,22
<b>Média</b>	<b>226,07</b>	<b>191,57</b>	<b>55,44</b>	<b>47,05</b>	<b>281,51</b>	<b>238,62</b>
<b>% do total</b>	<b>80,30</b>	<b>68,10</b>	<b>19,70</b>	<b>16,70</b>	<b>100,00</b>	<b>84,80</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>±90,86</b>	<b>±76,36</b>	<b>±15,69</b>	<b>±13,16</b>	<b>±105,80</b>	<b>±88,91</b>



**Tabela 4** – Estoques de biomassa e de carbono por compartimento na Mata da Silvicultura, Viçosa, Minas Gerais.  
**Table 4** – Carbon and biomass stocks per compartments in the Mata da Silvicultura, Viçosa, Minas Gerais State.

Compartimento	Estoque de Biomassa			Estoque de Carbono		
	Média (t ha <sup>-1</sup> )	Desvio Padrão (t ha <sup>-1</sup> )	%	Média (t ha <sup>-1</sup> )	Desvio Padrão (t ha <sup>-1</sup> )	%
DAP ≥ 5,0 cm						
Árvores vivas						
Fuste sem casca	103,49	± 46,15	45,5	49,50	±22,65	45,4
Casca do fuste	18,40	± 8,28	8,1	8,70	±4,17	8,0
Copa sem casca	27,47	± 7,42	12,1	13,20	±3,59	12,1
Casca da copa	4,17	± 1,36	1,8	2,03	±0,66	1,9
Folhas	5,38	± 2,42	2,4	2,61	±1,18	2,4
Raízes	29,25	± 13,01	12,9	13,97	±6,41	12,8
<b>Sub-total</b>	<b>188,16</b>	<b>±77,82</b>	<b>82,8</b>	<b>90,01</b>	<b>±38,25</b>	<b>82,6</b>
Árvores mortas						
Fuste sem casca	5,28	± 6,76	2,3	2,52	±3,27	2,3
Casca do fuste	0,96	± 1,09	0,4	0,45	±0,53	0,4
Copa sem casca	0,23	± 0,45	0,1	0,11	±0,22	0,1
Casca da copa	0,04	± 0,08	0,02	0,02	±0,04	0,02
Folhas						
Raízes	1,50	± 1,88	0,7	0,71	±0,91	0,7
<b>Sub-total</b>	<b>8,01</b>	<b>±9,73</b>	<b>3,5</b>	<b>3,81</b>	<b>±4,71</b>	<b>3,5</b>
Não arbóreo						
Fuste sem casca	5,05	± 8,33	2,3	2,45	±4,06	2,3
Casca do fuste	1,65	± 2,68	0,7	0,80	±1,32	0,7
Copa sem casca	0,78	± 1,34	0,3	0,38	±0,65	0,3
Casca da copa	0,31	± 0,59	0,1	0,15	±0,29	0,1
Folhas	0,17	± 0,30	0,1	0,08	±0,15	0,1
Raízes	1,61	± 2,63	0,7	0,78	±1,28	0,7
<b>Sub-total</b>	<b>9,57</b>	<b>±15,05</b>	<b>4,2</b>	<b>4,64</b>	<b>±7,34</b>	<b>4,2</b>
DAP < 5,0 cm						
Arvoretas						
Parte aérea	5,38	± 2,82	2,3	2,61	±1,37	2,4
Raízes	1,29	± 0,68	0,6	0,63	±0,33	0,6
<b>Sub-total</b>	<b>6,67</b>	<b>±3,50</b>	<b>2,9</b>	<b>3,24</b>	<b>±1,70</b>	<b>3,0</b>
Mudas						
Parte aérea	2,72	± 2,03	1,2	1,32	±0,99	1,2
Raízes	0,65	± 0,49	0,3	0,32	±0,23	0,3
<b>Sub-total</b>	<b>3,37</b>	<b>±2,52</b>	<b>1,5</b>	<b>1,64</b>	<b>±1,22</b>	<b>1,5</b>
Serapilheira						
Sobre o solo	11,62	± 5,45	5,1	5,64	±2,65	5,2
<b>Sub-total</b>	<b>11,62</b>	<b>±5,45</b>	<b>5,1</b>	<b>5,64</b>	<b>±2,65</b>	<b>5,2</b>
<b>Total</b>	<b>227,40</b>	<b>±71,81</b>	<b>100,0</b>	<b>108,98</b>	<b>±35,33</b>	<b>100,0</b>

Considerando o carbono estocado somente no fuste das árvores (58,20 t ha<sup>-1</sup>) e o respectivo estoque volumétrico (226,07 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), tem-se para cada metro cúbico de volume com casca do fuste 0,25744 toneladas de carbono. Em relação ao estoque total (108,98 t ha<sup>-1</sup>), essa quantidade é de 0,48206 toneladas de carbono por metro cúbico.

#### 4. DISCUSSÕES

Coelho et al. (2007) encontrou estimativas de volume total com casca do fuste variando entre 37,07 a 115,00 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em áreas de reserva legal de propriedades próximas a Viçosa. Ribas (2001) inventariou dois fragmentos florestais no município de Viçosa e

encontrou estimativas do volume do fuste com casca de 155,65 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e 230,12 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. De acordo com a estimativa de volume total do fuste na Tabela 2 e os resultados dos estudos na mesma região, a Mata da Silvicultura apresenta-se bem estocada.

A estimativa da biomassa total encontrada neste estudo (227,40 t ha<sup>-1</sup>) foi próxima da encontrada por Sanquetta et al. (2002) em uma Floresta Ombrófila Mista Montana, em estágio de regeneração intermediário, localizada em General Carneiro no Paraná (238,6 t ha<sup>-1</sup>). A biomassa do fuste e de galhos das árvores vivas juntas (153,53 t ha<sup>-1</sup>) ficou entre as estimativas encontradas nos trabalhos de Drumond et al. (1997) e Boina (2008), as quais foram iguais a 112,00 e 225,80 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Na Amazônia Higuchi e Carvalho Junior (1994), realizando um estudo próximo a Manaus-AM, encontraram 378,93 t ha<sup>-1</sup> de biomassa, considerando árvores com DAP ≥ 5,0 cm. Já Nascimento e Laurance (2002) estudando florestas primárias também próximo a Manaus-AM encontraram uma estimativa para biomassa acima do solo de 325,51 t ha<sup>-1</sup> para indivíduos arbóreos com DAP ≥ 10 cm.

A biomassa de raízes contribuiu com 15,3% da biomassa total (Tabela 4). Esta estimativa está em conformidade com Santantonio et al. (1977), o qual mencionou que a biomassa de raízes em florestas maduras corresponde de 15 a 20% da biomassa total. Porém, foi menor do que a estimativa encontrada por Caldeira et al. (2004) em trabalho realizado em uma Floresta Ombrófila Mista Montana, em General Carneiro no Paraná, onde a biomassa das raízes até 0,5 metros de profundidade correspondeu a 25% do total.

Golley et al. (1978) avaliando várias florestas tropicais no mundo encontraram valores de biomassa estocados na serapilheira variando entre 0,9 a 5,5% da biomassa total acima do solo. Sanquetta et al. (2002), estimou em 5,1% a contribuição da biomassa de serapilheira em relação ao total de biomassa, em uma Floresta Ombrófila Mista no Paraná. Vogel (2006), avaliando o estoque de biomassa em uma floresta estacional decidual em Itaara-RS, observou que a serapilheira acumulada anualmente correspondeu a 2,5% da biomassa arbórea sobre o solo. Considerando apenas as estimativas de biomassa acima do solo na Tabela 4, tem-se um percentual de contribuição da serapilheira igual a 6,01%.

Brun et al. (2005) estimou em 65,47 t ha<sup>-1</sup> o carbono estocado nas árvores vivas acima do solo; 17,16 t ha<sup>-1</sup> nas raízes e 3,76 t ha<sup>-1</sup> na serapilheira, em uma Floresta Estacional Decidual, localizada em Santa Teresa-RS. Britez et al. (2006) estimaram o carbono estocado na parte aérea das árvores vivas de uma Floresta Estacional Semidecidual em 108,6 t ha<sup>-1</sup>. Boina (2008), em inventários de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual no Vale do rio Doce em Minas Gerais obteve estimativa do carbono estocado nos galhos e fuste de árvores vivas igual a 112,87 t ha<sup>-1</sup>. De acordo com as estimativas do estoque de carbono na Tabela 4 o carbono estocado nas árvores acima do solo e na serapilheira foram superiores às do trabalho de Brun et al. (2005) e inferiores às dos trabalhos de Britez et al. (2006) e Boina (2008).

Sanquetta et al. (2002) estimaram em 558,3 t ha<sup>-1</sup> o estoque total de carbono em uma reserva florestal no Chile, no qual as árvores mortas contribuíram com 5% do valor total. No presente estudo, este percentual foi de 3,5% (Tabela 4).

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo, quando comparados com outros trabalhos publicados, mostram a alta variabilidade do estoque de carbono em vegetações semelhantes. Isto se deve à diferença na estrutura interna das florestas (distribuição diamétrica, área basal, altura, composição de espécies, entre outros), no número de compartimentos da floresta considerados no estoque e nas metodologias adotadas.

Por exemplo, em alguns trabalhos o estoque de carbono no fuste das árvores é obtido multiplicando-se o estoque volumétrico por uma estimativa média de densidade básica da madeira e um teor de carbono igual a 50%. A densidade básica da madeira e da casca das árvores de diferentes espécies possui alta variabilidade e o teor de carbono tende a ser menor que 50% (Tabela 2), de forma que a metodologia mencionada pode introduzir tendência na estimativa do estoque de carbono.

A maioria dos trabalhos estima somente o estoque de carbono de árvores vivas acima do solo. Analisando os dados apresentados neste estudo, pode-se observar que apenas 69,8% do carbono estão estocados neste compartimento da floresta. A inclusão de estimativas de outros compartimentos, além de fornecer estimativas

mais precisas do potencial de estoque de carbono pelas florestas naturais, permite um melhor conhecimento da dinâmica do ciclo de carbono. Estas informações são importantes para subsidiar as discussões sobre os projetos de seqüestro de carbono no REDD, os quais têm por objetivo a obtenção de créditos de carbono pela redução de emissões por desmatamento e degradação de florestas naturais.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALVES, D. S. et al. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondônia, western Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v. 3, n.5, p.451-461, 1997.
- AMARO, M. A. **Estimativas do estoque de volume, biomassa e carbono para fustes de árvores, sub-bosques e serapilheira em uma Floresta Estacional Semidecidual Montana em Viçosa, MG**. 2010. 180f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- AMARO, M. A.; MARTINS, F. B.; FERNANDES, T, J. G. Volume, biomassa e carbono nas florestas às margens da rodovia Br 364 no Acre (AC). In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 4., 2008, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/CCR/Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2008. p.165-171.
- BOINA, A. **Quantificação de estoques de biomassa e de carbono em Floresta Estacional Semidecidual, Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. 2008. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- BRITEZ, R. M. et al. **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. 165p.
- BRUN, E. J. et al. Variação sucessional do acúmulo de biomassa em Floresta Estacional Decidual, Santa Tereza, RS. **Biomassa e Energia**, v.2, n.1, p.47-56, 2005.
- CALDEIRA, M. V. W.; SOARES, R. V.; WATZLAWICK, L. F. Estimativa de biomassa em espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista Montana – General Carneiro-Pr. **Biomassa e Energia**, v.1, n.3, p.291-310, 2004.
- CARVALHO, L.M.T.; SCOLFORO, J. **R.Inventário florestal de Minas Gerais: Monitoramento da Flora Nativa**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2008. 357p.
- CETEC. **Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas do estado de Minas Gerais e outras regiões do país**. Relatório Final. Belo Horizonte: FAPEMIG/CETEC, 1995. 295p.
- COELHO, D. J. S. et al. Alteração estrutural de áreas de florestas exploradas convencionalmente em planos de manejo, nos domínios de Floresta Atlântica, Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**, v.31, n.5, p.867-877, 2007.
- CRITICAL ECOSYSTEM PARTNERSHIP FUND - CEPF. **Perfil do ecossistema Mata Atlântica: Hotspot de Biodiversidade – Brasil**. Arlington: VA-USA. Conservation International, 2001.
- DRUMOND, M. A. et al. Distribuição de biomassa e nutrientes em diferentes coberturas florestais e pastagem na região do Médio Rio Doce-MG. **Revista Árvore**, v.21, n.2, p.187-199, 1997.
- GOLLEY, F. B. et al. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de Floresta Tropical Úmida**. São Paulo: EDUSP, 1978. 256p.
- HIGUCHI, N.; CARVALHO JUNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO<sub>2</sub>, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p.125-153.
- IPCC. **Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)**. Suíça: OMM, 2005. 628p.
- LAGOS, A. R.; MULLER, B. L. A. Hotspot brasileiro: Mata Atlântica. **Saúde e Ambiente em Revista**, v.2, n.1, p.35-45, 2007.



- LUGO, A. E.; BROWN, S.; CHAPMAN, J. An analytical review of production rates and stem wood biomass of tropical forest plantations. **Forest Ecology and Management**, v.23, n.1, p.79-200, 1988.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, p.853-858, 2000.
- NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Total aboveground biomass in central Amazonian rainforests: a landscape-scale study. **Forest Ecology and Management**, v.168, n.1-3, p.311-321, 2002.
- NOGUEIRA, E. M. et al. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: new allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. **Forest Ecology and Management**, v.256, n.11, p.1853-1867, 2008.
- OLIVEIRA JUNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p.9-15, 2005.
- PAULA, J. E.; IMAÑA-ENCINAS, J.; SUGIMOTO, N. Levantamento quantitativo em três hectares de vegetação do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.5, p.613-620, 1998.
- RIBAS, R. F. **Fitossociologia e grupos ecológicos em uma floresta estacional semidecidual de Viçosa-MG**. 2001. 69f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- RIBEIRO, S. C. et al. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.33, n.5, p.917-926, 2009.
- RIBEIRO, S. C. et al. Quantificação de biomassa e estoque de carbono em uma capoeira da zona da mata mineira. **Revista Árvore**, v.34, n.3, p.495-504, 2010.
- RIBEIRO, S. C. et al. Above- and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v.262, n.3, p.491-499, 2011.
- ROLIM, S. G. et al. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazonica**, v.36, n.1, p.107-114, 2006.
- SANQUETTA, C. R. et al. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2002. 265p.
- SANTANTONIO, D.; HERMANN, R. K & OVERTON, W. S. Root biomass studies in forest ecosystems. **Pedobiologia**, v.17, n.1, p.1-31, 1977.
- SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 276p.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. São Paulo: IBGE, 1991. 123p.
- VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; TRÜBY, P. Quantificação da biomassa em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, v.16, n.4, p.419-425, 2006.

