

## ESTIMATIVA DE CARBONO FIXADO NA MADEIRA DE UM CLONE HÍBRIDO DE *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*

Paulo Fernando Trugilho<sup>1</sup>, Marina Donária Chaves Arantes<sup>2</sup>, Franciane Andrade de Pádua<sup>3</sup>,  
Roosevelt de Paula Almado<sup>4</sup>, Ana Elisa Rodarte Baliza<sup>5</sup>

**RESUMO:** Os problemas ambientais provocados pelo aumento da concentração dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera tendem a se agravar, caso a decisão de reduzir tais emissões não sejam implementadas, especialmente pelos países mais desenvolvidos. Ações nesse sentido já deveriam ter sido tomadas em maior magnitude no passado. A produção de madeira pelos vegetais é responsável pela fixação do carbono, sendo uma alternativa viável na redução do nível de CO<sub>2</sub> da atmosfera e reduzindo o aquecimento global. Este trabalho foi realizado com o objetivo de estimar a quantidade de carbono fixado na madeira de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*. Foram amostradas cinquenta árvores, em três diferentes classes diamétricas, do clone aos seis anos de idade. Determinaram-se o volume individual, a densidade básica e a análise elementar da madeira do clone. Utilizaram-se três métodos de amostragem para a determinação da densidade básica média da árvore. Os resultados obtidos indicam que existe forte variação na estimativa de massa seca entre as classes diamétricas consideradas, o que refletiu nas estimativas de carbono fixado no lenho. Houve diferença na densidade básica da madeira entre as classes diamétricas e os métodos de amostragem. A estimativa de carbono fixado sofreu influência significativa da classe diamétrica e do método utilizado na determinação da densidade básica da madeira, porém, não foi influenciada pelo teor de carbono determinado no DAP ou em amostra composta de várias alturas no fuste das árvores. O mesmo efeito foi observado no incremento médio de carbono. De forma geral, as classes de 8,1 cm, 11,4 cm e 14,2 cm apresentaram, respectivamente, estimativas de incremento médio anual de carbono variando de 2.357,08 a 2.602,99 kg/ha.ano, 4.888,95 a 5.419,33 kg/ha.ano e 8.383,32 a 9.227,88 kg/ha.ano, considerando-se 1.500 árvores por hectare.

Palavras chave: Aquecimento global, madeira, carbono.

## ESTIMATE OF FIXED CARBON IN THE WOOD OF A HYBRID CLONE OF *Eucalyptus urophylla* AND *Eucalyptus grandis*

**ABSTRACT:** The environmental problems caused by the increase of the concentration of the greenhouse gases (GEE) in the atmosphere tend to worsen if the decision of reducing such emissions are not implemented, especially for the more developed countries. Actions in that sense should already have been taken in larger magnitude in the past. The wood production by plants is responsible for the fixation of the carbon, being a viable alternative in the reduction of CO<sub>2</sub> level in the atmosphere and the global warming. This research aimed to estimate the amount of fixed carbon in the wood of a hybrid clone of *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus grandis*. Fifty trees were sampled in three different diametric classes in six years old trees. It was determined the individual volume, the basic density and the elementary analysis of the wood of the clone. Three sampling methods were used for the determination of the average basic density of the tree. The obtained results indicate a strong variation in the estimate of dry mass among the considered diametric classes affecting the estimates of fixed carbon in the wood. There was difference in the basic density of the wood between diametric classes and sampling methods. The estimate of fixed carbon was influenced significantly by the diametric class and method used for the determination of the basic density of the wood, but not by the carbon content at the DBH nor by composed sample of several heights along the trunk. The same effect was observed in the mean increment of carbon. In a general way, the classes of 8.1 cm, 11.4 cm and 14.2 cm presented, respectively, estimates of mean annual increment of carbon ranging from 2,357.08 to 2,602.99 kg.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>, 4,888.95 to 5,419.33 kg.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup> and 8,383.32 to 9,227.88 kg.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>, considering 1,500 trees for hectare.

Key words: Global warming, wood, carbon.

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal, Professor Dr. em Ciência e Tecnologia da Madeira – Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – trugilho@dcf.ufla.br

<sup>2</sup>Engenheira Florestal, Professor Dra. em Ciência e Tecnologia da Madeira – Departamento de Engenharia Florestal – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo – Alto Universitário, s/nº - Cx Postal 16, Guararema – 29500-000 – Alegre, ES – mdonariac@hotmail.com

<sup>3</sup>Engenheira Florestal, Professor Dra. em Ciência e Tecnologia da Madeira – Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba – Rodovia João Leme dos Santos, Km 110, SP-264 – Sorocaba, SP – franciane@ufscar.br

<sup>4</sup>Engenheiro Florestal, Gerente de Meio Ambiente do Grupo ArcelorMittal Bioenergia – Av. Carandáí, 1.115 - 10º andar – Funcionários – 30130-915 – Belo Horizonte, MG – Roosevelt.Almado@arcelormittal.com.br

<sup>5</sup>Estudante de Engenharia Florestal – Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – anaelisard71@yahoo.com.br

## 1 INTRODUÇÃO

As questões relativas às mudanças climáticas são de interesse global. Esses eventos são provocados pelas alterações que ocorrem no clima da Terra devido a diferentes fatores meteorológicos, dentre eles, destacam-se as temperaturas (máximas e mínimas), as temperaturas das águas dos oceanos, os índices pluviométricos, a umidade relativa do ar e a nebulosidade, dentre outras.

As mudanças climáticas são provocadas por fenômenos naturais, mas que podem ser potencializadas pelas ações dos seres humanos. Essas mudanças têm sido alvo de diversas discussões e pesquisas científicas. Por exemplo, os climatologistas verificaram que ocorreu um aumento da temperatura mundial, nas últimas décadas, fenômeno conhecido como aquecimento global. Este fenômeno, gerado pelo aumento da poluição do ar, tem provocado o derretimento de gelo das calotas polares e o aumento no nível de água dos oceanos, além de outros eventos catastróficos. Outro fenômeno associado às mudanças climáticas é o processo de desertificação, o qual tem aumentado nas últimas décadas.

Para frear ou minimizar os efeitos das mudanças climáticas e do aquecimento global, pode-se adotar como estratégia de ação o aumento das áreas com florestas, as quais absorverão o CO<sub>2</sub> atmosférico, convertendo-o em matéria-prima para as indústrias de base florestal. Outra alternativa é o aumento da participação das fontes naturais renováveis nas matrizes energéticas dos países, o que ajudará na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEEs). A ação conjunta dessas estratégias garantirá a otimização da redução dos GEEs e, conseqüentemente, das mudanças climáticas.

Com relação ao plantio de florestas, Minas Gerais é o estado que tem a maior área reflorestada com clones e espécies de *Eucalyptus* no Brasil, contendo uma área aproximada de 1,8 milhão de hectares e um plantio anual da ordem de 137.280 hectares em 2008, 90% de toda área reflorestada no Brasil com florestas energéticas (ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA - AMS, 2010). Esta matéria-prima é utilizada especialmente para a produção de carvão vegetal, visando o abastecimento do setor siderúrgico.

Os plantios, em Minas Gerais, estão distribuídos em diferentes regiões do estado e apresentam diferentes taxas de incremento volumétrico, o qual sofre influência do material genético, o ambiente e da interação genótipo x ambiente (ZOBEL; JETT, 1995). O incremento volumétrico da árvore e a densidade básica da madeira influenciam

significativamente a produção de massa seca do indivíduo. Tanto o volume individual da árvore como a densidade básica e a estimativa de massa seca estão sob um forte controle genético. Por exemplo, Botrel (2006) calculou em 86,52%, 82,93% e 83,50% os coeficientes de determinação genotípica, respectivamente, em nove clones de eucaliptos plantados na região norte de Minas Gerais. Essa informação é relevante e demonstra que tais características influenciarão a seleção de materiais genéticos de maior potencial de crescimento, densidade básica e estimativa de massa, ou seja, com maior taxa de conversão CO<sub>2</sub> em matéria-prima sólida para a conversão energética, contribuindo para a redução desse gás na atmosfera e do efeito estufa.

Segundo Oliveira, Lima e Rosado (1991), a quantificação de massa de madeira é preferível para esse uso, mais do que a utilização dos parâmetros dendrométricos, como, por exemplo, o diâmetro, a altura e o volume de madeira.

Atualmente, várias empresas do setor florestal utilizam a informação da estimativa de massa de madeira por área para fazer a previsão da quantidade de produtos a ser gerada por material genético em dado local, além da quantidade de carbono fixado. Essas informações servem para a tomada de decisão de aumento da área reflorestada e também da possibilidade de se conseguir créditos de carbono com a floresta.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estimar a quantidade de carbono fixado na madeira de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material biológico

No presente estudo, foram amostradas cinquenta árvores de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, aos 5,6 anos de idade, plantados em espaçamento 3 x 2 m, pertencente ao grupo ArcelorMittal Bioenergia. A área está localizada no município de Martinho Campos, MG. No talão selecionado para o estudo foi lançada uma parcela de 10 linhas x 10 plantas, que foi considerada como sendo a população daquele clone. Em todos os indivíduos amostrados foi mensurado o diâmetro a 1,30 m de altura do solo, para a classificação diamétrica.

Foram consideradas três classes diamétricas e o número de árvores amostradas por classe foi definido pelo percentual participativo em relação à população (Tabela 1). Definido o número de indivíduos por classe diamétrica,

**Tabela 1** – Distribuição das árvores nas classes diamétricas.*Table 1* – Distribution of the trees in the diametric classes.

Amplitude (cm)	Centro de classe (cm)	Frequência	Participação na população (%)
12,8 a 17,0	14,2	23	47
9,7 a 12,7	11,4	19	38
3,1 a 9,5	8,1	8	15
Total		50	100

foram sorteadas aquelas árvores que se encontravam dentro desses intervalos.

Após a derrubada, todas as árvores foram submetidas à cubagem rigorosa, para o cálculo do volume individual, por meio da equação de Smalian. A altura comercial (Hc) foi considerada até o diâmetro mínimo de 5 cm, com casca. Adicionalmente, foram medidas as espessuras da casca para a determinação dos volumes com e sem casca, além das estimativas de incremento volumétrico das árvores.

## 2.2 Amostragem longitudinal no tronco das árvores

Foram consideradas quatro diferentes formas de amostragem no sentido longitudinal ao tronco das árvores, para a determinação da densidade básica da madeira e a estimativa de massa seca. A estimativa de massa seca foi determinada conforme a equação 1.

$$\text{Massa Seca} = \text{DB} \times \text{Volume Individual} \quad (1)$$

em que DB é a densidade básica da madeira.

As metodologias de amostragem consideradas no presente estudo são descritas a seguir.

### 2.2.1 Amostragem padrão

Essa amostragem se refere ao procedimento mais empregado para caracterizar as propriedades da madeira no sentido longitudinal do tronco. Para tanto, de cada caule, foram retirados cinco discos de 2,5 cm de espessura, de faces paralelas, nas posições da base, a 25%, 50%, 75% e 100% da Hc da árvore.

### 2.2.2 Amostragem alternativa

Essa amostragem teve como base a metodologia proposta por Downes et al. (1997), que se caracteriza pela retirada de discos de 2,5 cm de espessura, de faces paralelas, nas alturas relativas de 2%, 10%, 30%, 50%, e 70% da Hc da árvore. É importante mencionar que, no trabalho de Downes et. al. (1997), essas posições de

amostragem foram relativas à altura total da árvore e não à altura comercial, como no presente estudo.

### 2.2.3 Amostragem de metro em metro

Essa amostragem consistiu na retirada de discos de 2,5 cm de espessura, de faces paralelas, nas alturas fixas da base, 1,30 m de altura do solo (DAP) e, a partir desse ponto, de metro em metro, até a Hc da árvore.

### 2.2.4 Amostragem com trado motorizado

De cada árvore amostrada, foram retiradas baguetas de 20 mm de diâmetro, de casca a casca, utilizando o trado de incremento motorizado. As amostras foram tomadas a 1,30 m de altura do solo (DAP).

A densidade básica da árvore foi determinada como sendo a média aritmética das posições longitudinais amostradas em cada forma de amostragem considerada, exceto para o trado motorizado, em que foi determinada somente na bagueta. Foi utilizado o método de imersão em água, descrito na norma NBR 11941 (ABNT, 2003), sendo utilizadas duas cunhas opostas por posição longitudinal considerada.

## 2.3 Análise elementar da madeira

Foram utilizados 3 mg de serragem, granulometria de 60 mesh, as quais foram adicionadas no equipamento SLASHEA série 1012. Vale ressaltar que a serragem utilizada nesta análise era oriunda uma amostra composta da amostragem alternativa (item 2.2.2.) e também na altura do DAP. Dessa forma, foram obtidos os teores de nitrogênio, carbono, hidrogênio, enxofre e, por diferença, o teor de oxigênio.

## 2.4 Estimativa de massa de carbono no fuste

A estimativa de massa de carbono no fuste das árvores foi determinada conforme a equação 2.

$$\text{Massa Carbono} = \text{Massa seca} \times \text{TC} \quad (2)$$

em que TC é o teor médio de carbono no fuste, sem casca, da árvore.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Características de crescimento

Os resultados médios das características de crescimento das árvores do clone, por classe diamétrica, estão apresentados nas Tabelas 2 e 3. Pela Tabela 2, observa-se a elevada percentagem de casca apresentada pelo clone. Verifica-se também que a percentagem de casca tende a reduzir com o aumento da classe diamétrica. Este mesmo fato ocorreu com os fatores de forma com casca (FFcc) e sem casca (FFsc). Pode-se verificar, também, que existe grande diferença entre os volumes médios das classes diamétricas, indicando a ocorrência de incrementos volumétricos bem diferenciados.

Observa-se, pelos dados da Tabela 3, que as grandes diferenças nos incrementos volumétricos entre as classes diamétricas resultaram em grandes alterações nas estimativas de massa seca. Este fato contribuiu decisivamente para que as estimativas de incremento de massa seca fossem também muito diferentes entre as

classes diamétricas, apesar de terem ocorrido diferenças também nas densidades básicas da madeira entre as classes, porém, de menor magnitude, o que será discutido posteriormente. Os valores de estimativa de massa seca foram inferiores aos obtidos por Trugilho (2009) para um híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, aos seis anos de idade.

#### 3.2 Densidade básica da madeira: método de amostragem e variação longitudinal

Na Tabela 4 observam-se os valores médios da densidade básica da madeira por classe diamétrica considerada. Os valores médios das densidades determinadas pelos diferentes métodos de amostragem e classes diamétricas foram superiores aos encontrados por Alzate, Tomazello Filho e Piedade. (2005) (0,490 g/cm<sup>3</sup>) e Gominho, Figueira e Pereira (2001) (0,491 g/cm<sup>3</sup>) para o híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, com exceção da densidade básica determinada na bagueeta na classe de 8,1 cm.

Verifica-se, pelos dados da Tabela 4, que a estimativa da densidade básica da madeira sofreu interferência do método de amostragem e que, à medida que o diâmetro aumentou, houve tendência de aumento da densidade

**Tabela 2** – Características de crescimento das árvores por classe diamétrica.

*Table 2* – Characteristics of tree growth by diametric class.

Classe	HT	HC	dapcc	dapsc	VolTotcc	VolTotsc	Volcasca	Casca (%)	FFcc	FFsc
14,2	21,13	19,56	14,26	12,67	0,161511	0,131799	0,029712	18,42	0,48	0,49
11,4	19,29	17,67	11,22	10,04	0,096755	0,078509	0,018245	18,86	0,51	0,51
8,1	16,21	14,10	8,67	7,73	0,049410	0,039619	0,009791	19,93	0,51	0,52

Classe = centro da classe diamétrica (cm), Ht e Hc = altura total e comercial (m), dapcc e sc = diâmetro a 1,3m de altura do solo com e sem casca (cm), VolTotcc e sc = volume total com e sem casca (m<sup>3</sup>), Volcasca = volume de casca (m<sup>3</sup>), C (%) = percentagem de casca, FFcc e FFsc = fator de forma com e sem casca, respectivamente.

**Tabela 3** – Valores médios das estimativas de incremento volumétrico, massa seca e incremento em massa seca.

*Table 3* – Average values of the estimates of volumetric increment, dry mass and increment in dry mass.

Classe	IMAcc	IMAsc	Mseca1	Mseca2	Mseca3	IMAms1	IMAms2	IMAms3
14,2	40,38	32,95	74,06	72,98	73,93	18515,64	18245,10	18482,11
11,4	24,19	19,63	43,52	43,11	43,45	10879,18	10778,47	10861,79
8,1	12,35	9,90	21,03	20,89	20,94	5258,62	5221,83	5234,16

Classe = classe da classe diamétrica (cm), IMACC e IMAsc = incremento médio anual volumétrico considerando 1.500 árvores por hectare, aos 6 anos de idade e mortalidade de 10% (m<sup>3</sup>/ha.ano), Mseca1, Mseca2 e Mseca3 = estimativa de massa seca utilizando-se a densidade básica média da amostragem de metro em metro, tradicional e alternativa (kg), IMAms1, IMAms2 e IMAms3 = incremento médio anual em matéria seca, utilizando-se a densidade básica média da amostragem de metro em metro, tradicional e alternativa (kg/ha.ano).

**Tabela 4** – Densidade básica da madeira nos métodos de amostragem e classe diamétrica.**Table 4** – Wood basic density in the sampling methods and diametric class.

Método de amostragem	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )			Média
	Classe 14,2 cm	Classe 11,4 cm	Classe 8,1 cm	
Tradicional	0,554 (5,51)	0,549 (4,98)	0,526 (4,23)	0,548 (5,41)
Alternativa	0,561 (3,15)	0,553 (3,29)	0,528 (3,31)	0,553 (3,82)
Metro em metro	0,562 (3,38)	0,554 (3,51)	0,530 (3,62)	0,555 (3,90)
Bagueta	0,510 (3,30)	0,500 (3,62)	0,481 (4,25)	0,502 (4,07)
Média	0,539 (4,90)	0,531 (5,40)	0,509 (5,37)	

Valores entre parênteses representam os coeficientes de variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste de SNK, a 5% de significância.

básica. Esse mesmo comportamento foi reportado por Manfredi e Barrichello (1985), em *E. grandis*, aos 7 anos.

A amostragem com a remoção da bagueta a 1,30 m de altura do solo (DAP) subestimou, em média, o valor da densidade em 9,5%, com relação à amostragem de metro em metro. Este fato está relacionado com a não proporcionalidade do tipo de madeira presente na bagueta, ao contrário do que ocorreu quando se utilizou a cunha. Além disso, a densidade das amostras foi determinada somente no DAP. A tendência da amostragem na forma de baguetas em subestimar a densidade básica foi também reportada para o *E. grandis*, por Barrichello, Brito e Migliorini (1983). Este fato está relacionado à diferença no material genético, ambiente e a interação genótipo x ambiente.

Como era esperado, os baixos valores dos coeficientes de variação associados à densidade básica da madeira do clone, dentro e entre as classes diamétricas, indicam a homogeneidade do material, com relação a essa característica. O efeito do método de amostragem na estimativa da densidade básica da madeira do clone é mostrado na Figura 1.

Pelo gráfico da Figura 1, observa-se que o método tradicional apresentou tendência de subestimar a densidade básica com relação à amostragem de metro em metro, principalmente nas maiores classes de diâmetro. A amostragem com as baguetas foi a que apresentou as maiores discrepâncias em todas as classes, porém, revelou o mesmo comportamento das demais amostragens, ou seja,

de aumento da densidade básica com o incremento da classe diamétrica.

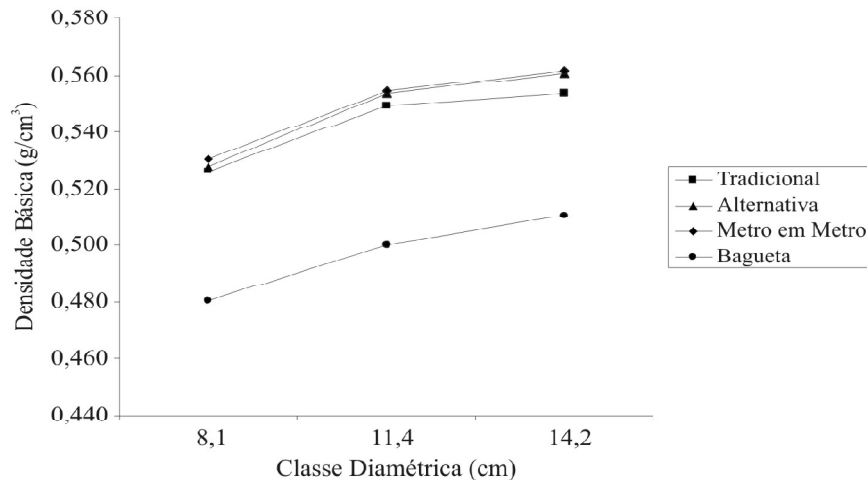
### 3.3 Análise elementar da madeira

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios de carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio na madeira do clone avaliado a 1,30 m de altura do solo (DAP). Verifica-se que os teores desses elementos não diferem entre as classes diamétricas, o que era esperado. Estes valores estão de acordo com os relatados por Tsoumis (1991).

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios de carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio da madeira, considerando uma amostra composta das alturas relativas da amostragem alternativa. Observa-se uma ligeira tendência de redução do teor de carbono da maior para a menor classe diamétrica, enquanto os teores de hidrogênio e oxigênio apresentaram comportamento contrário. O teor de nitrogênio foi bem maior na menor classe. Verifica-se também que os teores de carbono foram inferiores e os de nitrogênio, superiores aos determinados no DAP, sendo um reflexo da amostra composta e influência das alturas.

### 3.4 Estimativa de carbono no fuste sem casca

Os valores médios de estimativa de estoque de carbono fuste sem casca das árvores e os incrementos em carbono por método de amostragem e classe diamétrica estão apresentados na Tabela 7. Observa-se que os valores de estoque e incremento em carbono não diferem quando se utiliza o teor de carbono obtido no DAP e com a



**Figura 1** – Efeito do método de amostragem na densidade básica da madeira.

*Figure 1* – Effect of the sampling method on the wood basic density.

**Tabela 5** – Análise elementar da madeira, a 1,30 m de altura do solo.

*Table 5* – Wood elementary analysis at 1.30 m above soil level.

Classe (cm)	Carbono (%)	Hidrogênio (%)	Nitrogênio (%)	Oxigênio (%)
14,2	50,14	6,36	0,05	43,45
11,4	50,05	6,34	0,00	43,61
8,1	50,29	6,36	0,05	43,29
Média	50,14	6,35	0,03	43,47

**Tabela 6** – Análise elementar da madeira, considerando a amostragem alternativa.

*Table 6* – Wood elementary analysis considering the alternative sampling.

Classe diamétrica (cm)	Carbono (%)	Hidrogênio (%)	Nitrogênio (%)	Oxigênio (%)
14,2	49,84	6,32	0,19	43,65
11,4	49,81	6,36	0,13	43,71
8,1	49,51	6,37	0,23	43,89
Média Geral	49,74	6,35	0,18	43,74

amostragem alternativa (Alt) em todas as classes de diâmetro e método de amostragem considerado. Este fato sugere que uma amostragem na altura do DAP para a determinação do teor de carbono na árvore é suficiente para se estimar os estoques de carbono no fuste da mesma. Isso não ocorreu com os diferentes métodos de amostragem considerados, em que o método tradicional e o da bagueta tendem a subestimar o estoque e o incremento em carbono da floresta. A classe diamétrica apresentou comportamento semelhante

ao observado com o volume individual, densidade básica e estimativa de massa seca, ou seja, menores estoques e incrementos de carbono estão associados à menor classe diamétrica. Esse comportamento sugere que maiores taxas de incremento tendem a aumentar a densidade básica da madeira, a estimativa de massa seca e potencializar o estoque e o incremento em carbono da floresta.

A estimativa de carbono total está de acordo com o encontrado por Soares, Leite e Soares (2005) em *Eucalyptus*

**Tabela 7** – Estimativas de estoque e incremento em carbono**Table 7** – Estimates of stock and increment in carbon

Método de amostragem	Classe de diâmetro (cm)	Estoque de carbono (kg)				Incremento (kg/ha.ano)	
		Árvore (DAP)	Árvore (Alt)	Total (DAP)	Total (Alt)	DAP	Alt
Tradicional	14,2	36,59	36,37	54888,26	54559,85	9148,04	9093,31
	11,4	21,58	21,47	32364,83	32209,64	5394,14	5368,27
	8,1	10,51	10,34	15758,37	15513,96	2626,40	2585,66
Média	12,2	22,89	22,71	34340,89	34066,93	5723,48	5677,82
Alternativa	14,2	37,07	36,85	55602,75	55270,07	9267,13	9211,68
	11,4	21,75	21,64	32620,09	32463,67	5436,68	5410,61
	8,1	10,53	10,37	15796,09	15551,09	2632,68	2591,85
Média	12,2	23,12	22,93	34676,82	34400,18	5779,47	5733,36
Metro em metro	14,2	37,13	36,91	55700,53	55367,26	9283,42	9227,88
	11,4	21,78	21,68	32672,64	32515,97	5445,44	5419,33
	8,1	10,58	10,41	15863,98	15617,93	2644,00	2602,99
Média	12,2	23,17	22,98	34749,53	34472,31	5791,59	5745,39
Bagueta	14,2	33,74	33,53	50602,69	50299,93	8433,78	8383,32
	11,4	19,65	19,56	29475,05	29333,71	4912,51	4888,95
	8,1	9,58	9,43	14365,31	14142,51	2394,22	2357,08
Média	12,2	20,96	20,79	31438,68	31187,88	5239,78	5197,98

DAP e Alt = considerando o teor de carbono no DAP e da amostragem alternativas, respectivamente. Estoque total foi obtido considerando-se 1.500 árvores por hectare e aos seis anos.

*grandis*, plantado na região leste de Minas Gerais, com idade variando de 32 a 80 meses, classe de produtividade de 26,5.

#### 4 CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que:

- existe forte variação na estimativa de massa seca entre as classes diamétricas consideradas, o que refletiu nas estimativas de carbono fixado no lenho;

- houve diferença na densidade básica da madeira entre as classes diamétricas e os métodos de amostragem;

- a estimativa de carbono fixado sofreu influência significativa da classe diamétrica e do método utilizado na determinação da densidade básica da madeira, porém, não foi influenciada pelo teor de carbono determinado no DAP ou em amostra composta de várias alturas no fuste das árvores. O mesmo efeito foi observado no incremento médio de carbono;

- de forma geral, as classes de 8,1 cm, 11,4 cm e 14,2 cm apresentaram, respectivamente, estimativas de

incremento médio anual de carbono variando de 2.357,08 a 2.602,99 kg/ha.ano, 4.888,95 a 5.419,33 kg/ha.ano e 8.383,32 a 9.227,88 kg/ha.ano, considerando-se 1.500 árvores por hectare.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, FAPEMIG e ARCELORMITTAL, pela logística e auxílio financeiro para realização do trabalho.

#### 6 REFERÊNCIAS

ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 87-95, ago. 2005.

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

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA. Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://www.silviminas.com.br/>>. Acesso em: 6 abr. 2010.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O.; MIGLIORINI, A. J. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 726-731, 1983.

BOTREL, M. C. G. **Melhoramento genético do Eucalyptus para biomassa florestal e qualidade do carvão vegetal**. 2006. 68 p. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

DOWNES, G. M. et al. **Sampling plantation eucalypts for wood and fiber properties**. Melbourne: CSIRO, 1997. 126 p.

GOMINHO, J.; FIGUEIRA, J.; PEREIRA, H. Within-tree variation of heartwood, extractives and wood density in eucalypt hybrid *urograndis* (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*). **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 33, n. 1, p. 3-8, Feb. 2001.

MANFREDI, V.; BARRICHELO, L. E. G. Variação do rendimento de celulose sulfato ao longo do tronco do eucalipto.

In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 18., 1985, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1985. p. 26.

OLIVEIRA, A. D.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S. Estimativa de massa lenhosa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 15, n. 4, p. 345-348, out./dez. 1991.

SOARES, C. P. B.; LEITE, G. G.; GÖRGENS, E. B. Equações para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.29, n.5, p.711-718, 2005.

TRUGILHO, P. F. Densidade básica e estimativa de massa seca e de lignina na madeira em espécies de *Eucalyptus*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 1228-1239, set./out. 2009.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: Van Nostrand Reinold, 1991. 494p.

ZOBEL, B. J.; JETT, J. B. **Genetics of wood production**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 337p.