

Estimativa da biomassa em um plantio de *Eucalyptus grandis* na região Centro-Oeste

T. D. Pedrosa¹; A. R. P. Mascarenhas²; R. R. Melo²; D. M. Stangerlin²

¹Unidade Acadêmica de Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, 58840-000, Pombal-PB, Brasil

²Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, 78557-267, Sinop-PB, Brasil
tdpedrosa2@yahoo.com.br

(Recebido em 20 de janeiro de 2013; aceito em 28 de maio de 2013)

No presente estudo foi estimada a biomassa aérea das árvores em um plantio de *Eucalyptus grandis* localizado na região Centro-Oeste do Brasil. Para isso foram utilizados dois métodos – um deles com base na cubagem rigorosa de árvores representativas; e outro com base na estimativa do teor de umidade. Dentro do povoamento foram instaladas parcelas aleatórias de 50 x 20 m de onde foi obtido o diâmetro e altura de todas as árvores. Os indivíduos foram agrupados em diferentes classes diamétricas e para cada uma destas foi selecionada uma árvore representativa a qual foi abatida e cubada pelo método de Smalian. Para determinação do teor de umidade foram retirados discos de cada uma destas árvores. O método da cubagem rigorosa do indivíduo representativo de cada classe foi o mais indicado, proporcionando o resultado de biomassa seca mais próxima à realidade do povoamento.

Palavras-chave: teor de carbono, floresta plantada, massa específica.

Biomass estimation of Brazilian *Eucalyptus grandis* plantations

In this study biomass of tree estimated of *Eucalyptus grandis* plantations were evaluated. Two methods were used - one based on representative trees cubed, and another based on the estimation of the moisture content. Within the plantation plots-samples with 50 x 20 m installed of was obtained where the diameter and height of all trees. Individuals were grouped in different diameter classes and for each of these we selected a representative tree which was felled and the cube method Smalian. To determine the moisture content disks were obtained each of these trees. The method of cubing the individual representative of each class was the most appropriate.

Keywords: carbon content, forest plantation, specific gravity.

1. INTRODUÇÃO

A biomassa pode ser definida como a quantidade de material vegetal contida por unidade de área numa floresta e expressa em unidade de massa. Em geral, os componentes utilizados na medição da biomassa são: biomassa vertical acima do solo, composição das árvores e arbustos (fitossociologia), composição da serrapilheira e troncos caídos (fitomassa morta acima do solo) e composição de raízes (biomassa abaixo do solo). A biomassa média ha⁻¹ varia entre os tipos florestais e dentro de um mesmo tipo de floresta [1].

Estima-se que 45% da biomassa vegetal seja carbono. Assim sendo, as plantas têm a capacidade de capturar o dióxido de carbono da atmosfera durante a fotossíntese, que logo a utiliza para gerar alimento necessário para seu crescimento. Estima-se que um hectare de plantio arbóreo pode absorver em torno de 10 toneladas de carbono por hectare/ano, da atmosfera [2].

Para avaliar a produtividade dos povoamentos florestais em volume e biomassa, as relações dendrométricas são de fundamental importância [3]. Mesmo havendo diferenças biológicas entre os gêneros e as espécies florestais, o diâmetro à altura do peito (DAP) é a variável independente mais utilizada na determinação do volume ou da biomassa, uma vez que é impraticável a cubagem rigorosa de todas as árvores de um povoamento [4].

As equações de volume geradas pela cubagem rigorosa são utilizadas para estimar volumes individuais de árvores e, por meio de algum método de amostragem, pode-se estimar o volume de um povoamento florestal [5]. A cubagem rigorosa pode ser realizada ao empregar pesagem,

imersão ou deslocamento em água, gráfico e por meio de fórmulas matemáticas, como as de Smalian, Huber e Newton, dentre outras [6].

Outro fator de suma importância para a estimativa da biomassa florestal é a densidade básica da madeira [7]. A densidade da madeira é uma propriedade relativamente fácil de ser determinada e trata-se de um índice para análise da viabilidade do emprego da madeira para os diversos usos, sendo um dos critérios de maior importância para determinar a qualidade da madeira para energia, pois se relaciona de maneira direta com as características do carvão produzido.

Segundo [8], a determinação da biomassa florestal pode ser feita por dois métodos: o método direto, onde toda a biomassa de uma área definida (parcelas fixas) é retirada para a determinação do peso da biomassa fresca e da biomassa seca; e o método indireto, que estima a biomassa por meio de modelos matemáticos a partir de dados de inventários florestais fazendo relações dendrométricas de parâmetros como o volume da madeira, o DAP (diâmetro à altura do peito, aproximadamente 1,30 m), altura comercial do tronco, diâmetro da copa, altura total das árvores, entre outros. O autor relata ainda, que mesmo havendo diferenças biológicas entre os gêneros e espécies florestais, o diâmetro à altura do peito (DAP) tem sido a variável independente mais utilizada na determinação do volume ou biomassa, tanto para a árvore como um todo, quanto para partes dela (tronco, galhos, raízes ou folhas).

No que diz respeito à utilização da biomassa como insumo energético, ela apresenta uma particularidade em relação às outras fontes: o resultado do processo de conversão pode gerar vários tipos de combustíveis (sólidos, líquidos ou gasosos). Outra característica importante da biomassa é a grande variedade de formas encontradas com potencial para aproveitamento energético, o que é uma grande vantagem, na medida em que confere grande flexibilidade de adaptação tecnológica de acordo com a situação [9].

Dentro desse contexto, para [10] a biomassa reveste-se de notável importância na construção de sistemas descentralizados de suprimento em pequena escala, uma vez que permite o aproveitamento de recursos naturais locais, bem como a compatibilização da potência gerada de acordo com uma demanda específica, aumentando a autossuficiência dessas regiões e reduzindo o custo da energia.

A determinação da biomassa também está diretamente ligada a questões que envolvem o clima, pois ela é utilizada para estimar os estoques de carbono, que por sua vez, são utilizados para estimar a quantidade de CO₂ que é liberada ou pela respiração vegetal ou por queimadas. Quanto maior a quantidade de biomassa, maior será a emissão de gases do efeito estufa a partir do desmatamento. Contudo, as estimativas de biomassa feitas no Brasil ainda são poucas e de acuracidade incerta [8]. O presente trabalho tem como objetivo realizar estimativas da quantificação de biomassa presente em um povoamento de *Eucalyptus grandis* localizado na região centro-oeste, utilizando diferentes metodologias.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

Este estudo foi realizado em povoamento homogêneo de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden com 8 anos localizado na cidade de Brasília, DF, Brasil. No povoamento foram instaladas duas parcelas aleatórias de dimensões 50 x 20 m, totalizando 0,1 ha para cada parcela, sendo equidistantes, aproximadamente, 50 m.

Nas duas parcelas foram determinadas a altura (h) e o diâmetro a altura do peito (DAP) de cada árvore. No total, avaliaram-se 102 e 120 árvores, respectivamente, nos povoamentos 1 e 2. O DAP foi obtido com auxílio de uma suta diamétrica, por sua vez a altura foi estimada com auxílio de uma vara de 6 m, sendo esta colocada ao lado de cada árvore.

Agrupamento em classes de diâmetro

Finalizada a determinação dos parâmetros dendrométricos (DAP e h), as árvores de cada povoamento foram agrupadas em classes de DAP, considerando uma amplitude de 6,5 cm. Foram estipuladas três classes de DAP: 3 a 9,5 cm; 9,6 a 16,1 cm; e 16,2 a 22,7.

De cada classe diamétrica foi escolhida uma árvore, representativa, no centro de classe para abate. Para cada árvore abatida realizou-se a cubagem rigorosa pelo método de Smalian, sendo essas seccionadas em toretes de 50 cm de comprimento. O volume de cada torete (secção) foi calculado em função do comprimento e da área basal das extremidades, como é demonstrado na Figura 1.

O volume verde de cada árvore cubada foi obtido por meio da Equação 1. Para obtenção do volume verde representativo para cada classe de DAP, determinou-se o fator de forma artificial por meio da Equação 2, e multiplicou-se o fator de forma pelos parâmetros dendrométricos obtidos para cada árvore, conforme a Equação 3. Em seguida, determinou-se a biomassa úmida de cada árvore abatida, por meio da pesagem dos toretes, com auxílio de uma balança, sendo o valor individual multiplicado pelo número de árvores agrupadas por classe de DAP.

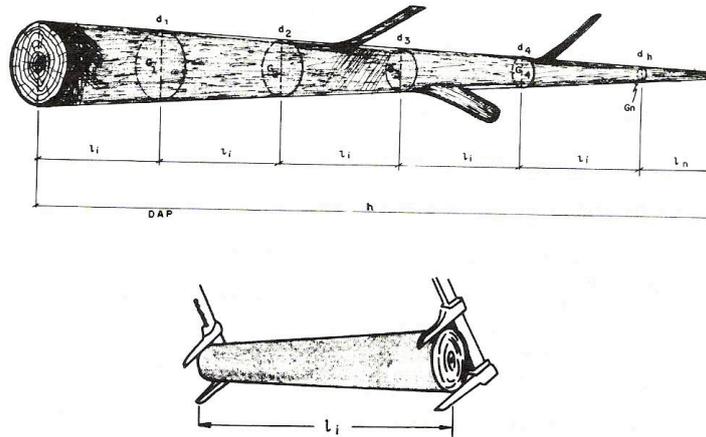


Figura 1: Procedimento adotado para cubagem rigorosa por Smalian [11].

$$v_t = v_0 + \sum_{i=1}^n v_i + v_c \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: v_t = volume total (m^3); $v_0 = g_0 * l_0 \Rightarrow$ volume do toco; $v_i = \frac{(g_i + g_{i+1})}{2} * l_i \Rightarrow$ volume das seções intermediárias; e $v_c = \frac{1}{3} g_n * l_n \Rightarrow$ volume do cone.

$$f_{1,3} = \frac{vr}{vc_{1,3}} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: vr = volume rigoroso cubado pelo método de Smalian; e vc = volume do cilindro perfeito com diâmetro a 1,3 m de altura.

$$Vv = g * h * f \quad (\text{Equação 3})$$

Em que: Vv = volume verde (m^3); g = área basal (m^2); h = altura (m); e f = fator de forma artificial da árvore centro de classe.

Determinação da biomassa seca a 0% de umidade

Estimativa pela massa específica básica

Ainda no campo, retirou-se de cada árvore abatida um disco, com $\frac{1}{2}$ polegada de espessura, na altura do DAP. Este disco foi acondicionado em sacola plástica, de modo a evitar a perda excessiva de água até o deslocamento ao laboratório.

No laboratório, retiraram-se duas cunhas de cada disco, das quais foram obtidas as massas úmidas, com auxílio de uma balança eletrônica de precisão 0,01 g, e o volume saturado por meio do método de deslocamento da água. Esse método consiste na leitura da massa de líquido deslocada, sendo as cunhas fixadas em haste de ferro e imersas, uma a uma, em copo de Bequer com água.

Posteriormente, as cunhas foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 103°C até obtenção de massa constante (massa seca). Com base nos valores de massa seca e volume verde das cunhas foi possível a obtenção da massa específica básica conforme a Equação 4. A partir do produto entre o volume verde (Equação 3) e a massa específica básica (Equação 4) obteve-se a biomassa seca de cada árvore, e conseqüentemente por classe de diâmetro.

$$MEb = \frac{Ms}{Vv} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que: MEb = massa específica básica (g/cm³); Ms = massa seca (g); e Vv = volume verde (cm³).

Estimativa pelo teor de umidade

Utilizando-se das mesmas cunhas extraídas de cada disco determinou-se o teor de umidade inicial, conforme Equação 5. Com base na biomassa úmida determinada a campo, das árvores de centro de classe, e do teor de umidade médio obtido a partir das cunhas pela Equação 5 determinou-se a biomassa seca das árvores por classe de diâmetro.

$$TUi = \frac{Mu - Ms}{Ms} * 100 \quad (\text{Equação 5})$$

Em que: TUi = teor de umidade inicial (%); Mu = massa úmida (g); e Ms = massa seca (g).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 podem ser observados os intervalos de diâmetros e número de indivíduos para as três classes pré-estabelecidas. Observa-se que o menor número de indivíduos foi verificado para a classe 3 (47), e o maior, para classe 2 (88). Já na Tabela 2, encontram-se os valores de fator de forma, massa específica e teor de umidade, os quais foram utilizados na determinação das estimativas de massa seca e úmida dos povoamentos, também expressos na mesma tabela. Na análise das tabelas, observa-se para ambos os casos, que a maior quantidade de biomassa foi observada para os indivíduos de maior classe diamétrica. Resultados semelhantes foram observados em estudos realizados por [12], ao verificarem a alocação de biomassa em plantios de *Eucalyptus benthamii* com diferentes idades.

Tabela 1. Distribuição diamétrica por classe de diâmetro, com respectivos intervalos de classe, número de árvores por classe e na parcela e estimativa do número de indivíduos por hectare, em plantação de Eucalyptus grandis, na região Centro-Oeste do Brasil.

Classe	Intervalo de Classes (cm)	Número de Indivíduos (n)	Estimativa (Árvores/ha)
1	3,0 < x < 09,5	87	435
2	9,6 < x < 16,1	88	440
3	16,2 < x < 22,7	47	235
TOTAL		222	1.110

* Estimativa pela massa específica básica; ** Estimativa pelo teor de umidade.

Tabela 2. Fator de forma calculado por classe de diâmetro, com respectivos valores de massa específica básica, teor de umidade e estimativas de biomassa seca e úmida, em plantação de *Eucalyptus grandis*, na região Centro-Oeste do Brasil.

Classe	$f_{(1,30)}$	MEb (kg/m ³)	TU (%)	Massa Seca (t/ha)*	Massa Seca (t/ha)**	Massa Úmida (t/ha)*
1	0,27	500,86	50,23	3,42	2,43	6,87
2	0,26	483,07	45,58	22,85	9,81	41,58
3	0,35	565,90	47,44	45,06	18,06	85,73
TOTAL	-	-	-	71,33	30,30	134,18

$f_{(1,30)}$ = fator de forma; MEb = massa específica básica; * Estimativa pela massa específica básica; ** Estimativa pelo teor de umidade.

Os estudos para quantificação de biomassa florestal dividem-se em métodos diretos (ou determinação) e métodos indiretos (ou estimativas). Determinação significa uma medição real feita diretamente na biomassa, por exemplo, a pesagem de um fuste inteiro por meio de um dinamômetro ou uma balança. Todas as árvores de uma determinada parcela são derrubadas e pesadas, sendo feita em seguida a extrapolação da avaliação amostrada para a área total de interesse. A estimativa de biomassa aérea pelo método indireto consiste em correlacioná-la com alguma variável de fácil obtenção e que não requeira a destruição do material vegetal. As estimativas podem ser feitas por meio de relações quantitativas ou matemáticas, como razões ou regressões de dados provenientes de inventários florestais (DAP, altura e volume), por dados de sensoriamento remoto (imagens de satélite) e utilizando-se uma base de dados em um sistema de informação geográfica (GIS) [13].

No presente estudo, ambos os métodos avaliados foram indiretos, um utilizando a massa específica básica e outro o teor de umidade. A variação entre as estimativas de biomassa seca e úmida obtidas pela massa específica pode ser observada na Figura 2. Essas variações foram estimadas utilizando os dados do teor de umidade das amostras, obtidas de um indivíduo representativo de cada classe. Para as classes 1, 2 e 3, os teores de umidade observados foram de 100,96%, 83,77% e 90,24% respectivamente. Segundo [14] a biomassa da copa (folhas e ramos) e a biomassa do fuste (casca + madeira) em plantios de *Eucalyptus* representam 25 e 75% da biomassa total acima do solo do povoamento. Conforme [15] parte aérea das árvores tem sua biomassa distribuída na seguinte ordem: lenho > galhos > casca > folhas. A variação da distribuição da biomassa, nos diferentes órgãos da planta, varia de espécie para espécie; e até mesmo, em uma população da mesma espécie bem como em razão das condições ambientais e também varia em razão de procedências.

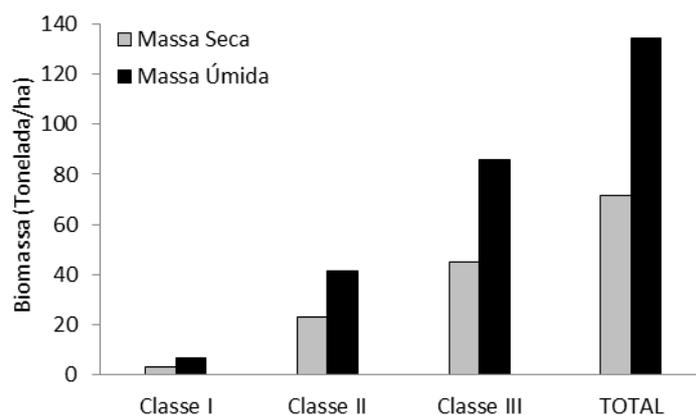


Figura 2: Variações nas estimativas de biomassa seca e úmida para as diferentes classes do povoamento, calculada pela massa específica básica.

Os métodos utilizados apresentaram resultados muito diferentes quanto à estimativa de biomassa seca por hectare (Figura 3). Para a estimativa por meio da massa específica, foi observado o maior valor, pois neste caso, se considerou o teor de umidade inicial de cada árvore representativa da classe de DAP, sendo esta uma estimativa muito imprecisa, devido às

diferenças existentes no conteúdo de umidade entre árvores de uma mesma espécie. No método 2, foi utilizada a estimativa por meio da cubagem rigorosa dos três indivíduos, sendo um representativo de cada classe. Nesse sentido, esse método pode ser considerado o mais aproximado do valor real de biomassa existente no plantio, dentre os dois métodos avaliados. Os maiores valores de teor de umidade foram observados para a classe de indivíduos de menor diâmetro. Provavelmente, isso tenha ocorrido, por esses indivíduos jovens ainda apresentarem cerne inexistente, tendo desta forma, um maior número de vasos por área para a condução da seiva, o que conseqüentemente, influencia o maior teor de umidade. A alta competição entre plantas, aliada a falta de tratos silviculturais (principalmente desbaste) e mescla de indivíduos remanescentes de povoamentos antigos com árvores de replantio, proporcionou uma baixa uniformidade em diâmetro, com elevada amplitude.

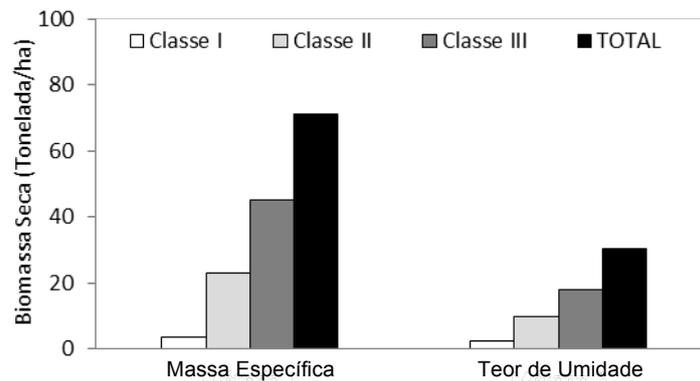


Figura 3: Variação da biomassa seca para as diferentes classes de diâmetro, estimadas pela massa específica básica e pelo teor de umidade.

4. CONCLUSÃO

Para os dois métodos de determinação da biomassa seca, aquele que considera o teor de umidade inicial de uma árvore, não deve ser considerado, visto que este superestima a produção da área. O método em que se procedeu à cubagem rigorosa do indivíduo representativo de cada classe foi o mais indicado, com posterior estimativa de um fator de forma, foi o que proporcionou o resultado de biomassa seca mais próxima à realidade do povoamento.

1. Araújo, T.M.; Higuchi, N.; Carvalho Júnior, J.A. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil. *Forest Ecology Manager.* 117:43-52, 1999.
2. Alegre JC; Arevalo L; Ricse A. Reservas de carbono y emision de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la Amazonia peruana. In: *Taller Internacional de Sistemas Agroforestales*, 2000, Santa Fe. Bogota: CORPOICA, 2000.
3. Araújo LVC; Leite JAN; Paes JB. Estimativa de produção de biomassa de um povoamento de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* Willd. Poiret.) com cinco anos de idade. *Biomassa & Energia.* 1: 347-352, 2004.
4. Campos JCC; Leite HG. *Mensuração florestal: perguntas e respostas.* Viçosa: UFV, 2002. 407p.
5. Paula Neto F. et al. Análise de equações volumétricas para *Eucalyptus* spp., segundo o método de regeneração na Região de José de Melo - MG. *Revista Arvore.* 7(1): 56-70, 1983.
6. Scolforo JRS. *Mensuração Florestal I: medição de árvores e povoamentos florestais.* Lavras:UFLA/FAEP, 1993. 146 p.
7. Araújo LVC. *Características silviculturais e potencial de uso das espécies moringa (Moringa oleífera Lam.) e nim indiano (Azadirachta indica Juss.): uma alternativa para o semiárido paraibano.* 2000. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.

-
8. Teixeira LM. *Influência da intensidade de exploração seletiva de madeira no crescimento e respiração do tecido lenhoso das árvores em uma floresta tropical de terra-firme na região de Manaus*. 2003. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – INPA/UFAM, Manaus, 2003.
 9. Nogueira LAH; Lora ES. *Dendroenergia: fundamentos e aplicações*. Brasília: ANEEL 2000.
 10. Muller MD; Tsukamoto Filho AA; Vale RS; Couto L. Produção de biomassa e conteúdo energético em sistemas agroflorestais com eucalipto no município de Vazante-MG. *Biomassa & Energia*. 2: 125-132, 2005.
 11. Finger CAG. *Fundamento de biometria florestal*. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992, 269p.
 12. Silva, H.D.; 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 Pesquisa Florestal*. 49: 83-85, 2004.
 13. Higuchi, N.; Carvalho Júnior, J.A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: *Seminário Emissão x Sequestro de CO₂ – Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil*, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p.125-145.
 14. Schumacher, M.V.; Caldeira, V.W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidenii* biomass estimation and nutrient content of a *Eucalyptus globulus* (Labillardière) subspecies *maidenii* plantation. *Ciência Florestal*. 11: 45-53, 2001.
 15. CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; CARBONERA, J.P.; SPATHELEF, P.. Quantifizierung der oberirdischen biomasse der australischen herkunfty Lake George Bunge Dore von *Acacia maeransii* De Wild. *Forstarchiv*. 71:160-165, 2000.
-