

QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E DO CARBONO EM POVOAMENTO DE *EUCALYPTUS GRANDIS* W. HILL EX MAIDEN, EM SANTA MARIA, RS

Joel Telles de Souza*
Luan Demarco Fiorentin**

Resumo

Este trabalho teve como objetivo quantificar a biomassa e o carbono orgânico, nos diversos compartimentos da espécie *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, aos 11 anos de idade. Foram distribuídas aleatoriamente pela área de estudo três parcelas de 20 x 15 m, em que foi medido o diâmetro à altura do peito de todos os indivíduos contidos na unidade amostral e, posteriormente, definida a árvore de diâmetro médio de cada parcela para quantificar a biomassa. As árvores foram fracionadas nos seguintes compartimentos: madeira, casca, galhos e folhas. A biomassa média total foi de 57,19 kg e a biomassa aérea por hectare foi de 63,53 Mg/ha⁻¹; o compartimento de madeira apresentou o maior percentual de biomassa (72,02%), seguido dos galhos (14,49%), casca (8,47%) e folhas (5,03%). O teor de carbono obteve a mesma proporção que a biomassa, pois se utilizou um teor de concentração constante (50%). Assim, o *Eucalyptus grandis* apresenta grande potencial para o incremento de biomassa e carbono orgânico em seus diferentes compartimentos.

Palavras-chave: Madeira. Biomassa aérea. Compartimentos.

1 INTRODUÇÃO

Em razão da crescente procura por produtos de origem florestal e das limitações das florestas nativas no suprimento desses recursos, buscaram-se novas formas de suprir essa demanda, com plantios de espécies exóticas de rápido crescimento e elevada produtividade. Entre as principais espécies plantadas, o *Eucalyptus grandis* se destacou em decorrência da sua versatilidade e uso do múltiplo, tornando-se, também, uma das espécies mais plantadas no mundo (SILVA, 2001).

De acordo com Nahuz, Franco e Figueroa (1998), o eucalipto foi introduzido no Brasil no início do século XX, como espécie produtora de madeira para lenha e carvão, logo passando a ser usado em estruturas simples, como postes para a transmissão de energia, além de moirões, no meio rural. Atualmente, a espécie é fornecedora de matéria-prima para as indústrias de celulose e papel, de chapas de madeira aglomerada e na indústria de MDF e móveis.

Alguns pesquisadores, como Caixeta et al. (2003) e Silveira et al. (2001), constataram que o Brasil tem um grande potencial para suprir o novo mercado que o gênero *Eucalyptus* está proporcionando, pois possui a maior área plantada dessa espécie no mundo, com aproximadamente 3 milhões de hectares, sendo somente a região Sul responsável por 7,5% desta área.

* Engenheiro Florestal; Doutorando em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Santa Maria; joel.telles@yahoo.com.br

** Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal da Universidade do Oeste de Santa Catarina de Xanxerê; luanfiorentin@hotmail.com

Para Schumacher et al. (2001), as florestas plantadas, geralmente com fins econômicos e comerciais, são orientadas por critérios técnicos, conforme um plano de manejo, definindo-se sua época de colheita. Porém, durante sua existência, estas florestas realizam a atividade de captura e fixação de carbono na madeira e nos demais componentes.

Atualmente, é cada vez maior o interesse pela fixação de carbono em florestas plantadas, principalmente em razão das suas elevadas taxas de crescimento e consequente capacidade de remover o dióxido de carbono da atmosfera. O carbono atmosférico é incorporado na biomassa por meio da fotossíntese, sendo um elemento de extrema importância na estrutura das árvores, armazenado nos diversos compartimentos, como folhas, galhos, raízes e fuste.

Segundo Téó (2009), entende-se por biomassa a massa de matéria seca de origem biológica, viva ou morta, animal ou vegetal. O termo biomassa florestal significa toda a biomassa existente na floresta ou apenas na fração arbórea.

A biomassa pode ser expressa em peso verde ou peso seco. O peso verde refere-se ao material fresco, contendo uma proporção variável de água, enquanto o peso seco se refere aos componentes obtidos após a secagem em estufa, até o peso constante. O peso seco é a medida preferida da massa em inventários florestais, por causa da garantia de consistência dos resultados e da sua relação direta com o potencial de energia (CAMPOS; LEITE, 2009).

A matéria seca que constitui a biomassa é formada especialmente por carbono e nutrientes minerais, cujas concentrações variam com a espécie, a fase de desenvolvimento, o estado nutricional, as condições edafoclimáticas e com a parte do vegetal considerada (LARCHER, 1986). Segundo Krapfenbauer e Andrae (1982), na madeira das árvores encontram-se, em média, 50% de carbono, 43% de oxigênio, 6% de hidrogênio e 1% de elementos minerais.

Na quantificação do carbono, o teor desse elemento tem sido considerado constante, variando pouco entre trabalhos apresentados por diversos autores, para diferentes espécies, como na determinação do estoque de carbono na China, onde utilizam um fator linear de concentração de carbono de 0,45 (WANG, FENG; OUYANG, 2001).

Com base no exposto, a presente pesquisa tem como objetivo quantificar a biomassa e o carbono orgânico, nos diversos compartimentos da espécie *Eucalyptus grandis* W. ex Maiden, aos 11 anos de idade, visando contribuir nas informações do potencial de fixação de biomassa e carbono atmosférico por esta espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no *Campus* da Universidade Federal de Santa Maria, na região central do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas UTM de 6710,56 km a 6706,32 km de latitude Sul da linha do Equador e 235 km a 239,2 km de longitude Oeste do fuso 22.

Conforme a classificação climática de Köppen, na região predomina o clima Cfa, ou seja, clima subtropical, com verão quente. O clima Cfa caracteriza-se por apresentar chuvas durante

todos os meses do ano, com mais de 30 mm no mês mais seco. Possui a temperatura do mês mais quente superior a 22 °C e a do mês mais frio superior a 3 °C. A região central do Rio Grande do Sul apresenta-se constituída por rochas sedimentares que se formaram entre o período Carbonífero e o Triássico, compreendendo formações relacionadas a cada um dos períodos geológicos. Entre estas, predominam a Formação Rosário do Sul e a Formação Santa Maria (ABRÃO, Gianluppi e Anzolin, 1988).

2.2 COLETA DO MATERIAL DE CAMPO E LABORATÓRIO

A coleta de dados foi realizada em povoamento de *Eucalyptus grandis*, aos 11 anos de idade, implantado com espaçamento inicial de 3 x 3 m (1.111 árvore/ha), com área de aproximadamente 3 hectares. Foram instaladas, aleatoriamente, três parcelas de área fixa de 20 x 15 m (300 m²), em que foram medidos os diâmetros à altura do peito () de todas as árvores. De posse dos dados de cada uma das unidades amostrais, foi calculada a árvore de diâmetro médio da parcela e, posteriormente, abatida para a cubagem rigorosa, totalizando três árvores.

Para a avaliação da biomassa, foi utilizado o método destrutivo de quantificação de biomassa; as árvores selecionadas em cada parcela foram abatidas com o auxílio de motosserra e separadas nos seguintes compartimentos: folhas, galhos, casca e madeira.

As amostras de biomassa de cada compartimento foram pesadas no campo por meio de balança de gancho para determinar o peso verde. Foram retirados discos de aproximadamente 2 cm de espessura do fuste das árvores na altura de 1,3 metros, para a determinação da densidade básica das árvores.

Para a obtenção do volume total com casca do fuste foi utilizado o método de cubagem de Smalian, conforme descrito por Machado e Figueiredo Filho (2009), no qual os diâmetros foram medidos nas alturas de 0,1 m; 0,3 m; 1,3 m; e após, de metro em metro, até a altura total das árvores. Para quantificar o peso seco do compartimento madeira, foi multiplicada a densidade básica das árvores pelo seu volume.

Em laboratório, as amostras dos diferentes compartimentos de biomassa foram colocadas em estufa à temperatura de 70 °C, na qual permaneceram até peso constante. Por meio do peso seco, obtido pela secagem em estufa, com o peso verde determinado a campo, calculou-se o teor de matéria seca para cada compartimento avaliado, conforme a fórmula a seguir:

$$MS = \frac{P_s}{P_v} * 100 \quad (1)$$

Onde:

MS = Peso seco (kg);

P_s = Peso verde (kg);

P_v = Teor de matéria seca (%).

O peso seco de cada compartimento da biomassa aérea das árvores foi obtido por meio da multiplicação do peso verde, determinado a campo, pelo teor de matéria seca, conforme a fórmula a seguir:

$$P_s = P_v * MS \quad (2)$$

Onde:

P_s = Peso seco (kg);

P_v = Peso verde (kg);

MS = Teor de matéria seca (%).

Para avaliar a quantidade de carbono orgânico presente nas árvores, utilizou-se um teor de carbono constante de 50%, conforme Brown, Renner e Flavin (1998) e Bettinger et al. (2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o peso seco médio para cada compartimento de biomassa aérea, o percentual de peso seco de cada compartimento em relação à biomassa aérea total da árvore e o peso seco médio por hectare para os diferentes compartimentos analisados. Os resultados apresentados foram obtidos calculando-se as médias de peso seco para cada compartimento das três árvores amostradas.

Tabela 1 – Peso seco médio e relativo para cada compartimento da biomassa aérea e para o total por hectare para *Eucalyptus grandis*, aos 11 anos de idade

Compartimento	Peso Seco (kg)	Peso Seco (%)	Peso Seco (Mg/ha ⁻¹)
Madeira	41,19	72,02	45,76
Galhos	8,28	14,49	9,2
Casca	4,84	8,47	5,38
Folhas	2,87	5,03	3,19
Total	57,19	100	63,53

Fonte: os autores.

A maior concentração do peso seco para *Eucalyptus grandis* se encontra no compartimento madeira da árvore, com peso seco médio em torno de 41,19 kg, seguido dos galhos e da casca, enquanto as folhas apresentaram os menores valores. Curlin (1970) afirmou que o compartimento aéreo das árvores tem sua biomassa distribuída, geralmente, na seguinte ordem: madeira > galhos > casca > folhas, resultado também encontrado nesta pesquisa.

Watzlawick, Sanguetta e Caldeira (2005) avaliaram o estoque de carbono orgânico e biomassa, em plantio de *Pinus taeda* L., com diferentes idades, localizado no município de General

Carneiro, PR, semelhante ao presente estudo, e encontraram maior peso seco no compartimento de madeira, seguido pelos galhos vivos, cascas e acículas. Porém, Watzlawick et al. (2003), avaliando a biomassa e o carbono orgânico de *Araucaria angustifolia*, encontraram o peso seco distribuído nas seguintes ordens: madeira > casca > galhos > acículas.

Para a biomassa aérea total foi encontrado um peso seco médio de 57,19 kg (Tabela 1). Avaliando a biomassa e o conteúdo de nutrientes para a *Mimosa scabrella*, em bracatingais nativos, com idade variando de 6 a 14 anos, na região de Curitiba, PR, Téo (2009) encontrou um peso seco médio total de 53,18 kg para o compartimento da biomassa aérea, valor inferior ao encontrado para este *Eucalyptus grandis*.

Por meio do percentual do peso seco para cada compartimento do *Eucalyptus grandis*, verificou-se que a maior parte da biomassa aérea se concentra na madeira. O compartimento madeira (72,02%), com a fração correspondente à casca (8,47%), equivale a 80,49% da biomassa aérea total. Esse valor é semelhante ao encontrado por Schumacher et al. (2008), no qual os compartimentos madeira e casca equivaleram a 79,81% da biomassa acumulada acima do solo, para a espécie *Hovenia dulcis* Thunb., aos 18 anos de idade.

Silva et al. (2004) avaliaram a biomassa aérea para a espécie *Eucalyptus benthamii* em diferentes idades. A biomassa dos componentes madeira e casca aumentou, enquanto os compartimentos galhos e folhas diminuíram, em razão do aumento da idade. O compartimento madeira passou a assumir mais da metade da biomassa a partir dos 24 meses de idade. Enquanto na idade de 48 meses o compartimento madeira já possuía 70,4% em relação ao peso seco total, valor semelhante ao encontrado para a madeira neste estudo. Os autores ainda afirmam que é necessária uma comparação com outras espécies do gênero *Eucalyptus*, bem como estudos particularizados para cada espécie em relação à alocação de biomassa.

De acordo com Schumacher (1996), durante a fase inicial de desenvolvimento de uma floresta, uma grande parte dos carboidratos é canalizada para a produção de biomassa da copa e raízes. Entretanto, com o passar do tempo, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa do tronco aumenta e a das folhas e ramos diminui gradativamente.

O peso seco total por hectare encontrado foi de 63,53 Mg/ha¹, para a densidade inicial de 1.111 árvore/ha. Schumacher (1998) avaliou a biomassa e os nutrientes em povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière), subespécie *bicostata*, na qual o valor de biomassa aérea foi de 63,35 Kg/ha¹, com quatro anos de idade e 1.667 árvore/ha, valor muito semelhante ao do presente estudo. Já Viera et al. (2012) encontrou biomassa aérea de 18,5 Mg/ha¹, para povoamento de *Eucalyptus urograndis*, com densidade inicial de 1.482 árvore/ha, no entanto, este povoamento possuía idade de apenas 18 meses.

Caldeira et al. (2001) quantificaram a biomassa aérea de *Acacia mearnsii* De Wild., com procedência de Batemans Bay, Austrália, onde a biomassa total acima do solo foi de 36,1 Mg/ha¹, para a densidade média de 1.643 árvore/ha. Estes autores ainda citam que a produção de biomassa em um povoamento florestal é função de vários fatores, entre eles a espécie, a idade, as condições edafoclimáticas e a densidade das árvores.

A Tabela 2 apresenta os valores referentes à quantificação de carbono orgânico por hectare, em cada compartimento do *Eucalyptus grandis*. O percentual de carbono orgânico por compartimento foi idêntico aos percentuais de biomassa, visto que se utilizou o teor de carbono orgânico de 50%, conforme indicado por Brown, Renner e Flavin (1998) e Bettinger, Boston e Siry (2009).

Tabela 2 – Carbono orgânico presente nos diferentes compartimentos de *Eucalyptus grandis*, aos 11 anos de idade

Compartimento	Carbono orgânico (Mg/ha ⁻¹)
Madeira	22,88
Galhos	4,6
Casca	2,69
Folhas	1,6
Total	31,77

Fonte: os autores.

A madeira apresentou o maior teor de carbono orgânico entre todos os compartimentos, seguido pelos galhos, cascas e folhas, equivalendo a 31,77 Mg/ha⁻¹. Essa mesma sequência foi observada para o peso seco. Para *Pinus taeda*, aos cinco anos de idade, Balbinot et al. (2003) encontraram uma concentração de carbono de 15,2 Mg/ha⁻¹ para a biomassa aérea, sendo esse valor inferior que o do *Eucalyptus grandis*. No entanto, a concentração de carbono nos compartimentos da árvore foi menor que 50%, as acículas apresentaram uma porcentagem de carbono de 47,3%, seguido da madeira (45,7%), galhos (43%) e casca (40%).

Já Sette Junior, Nakajima e Geromini (2003) avaliaram o teor de carbono em *Pinus taeda* L., na região de Rio Negrinho, SC, para diferentes idades. O teor médio de carbono em todas as idades avaliadas foi maior que 50% e acabou perfazendo uma média de 55,3%. Segundo esses autores, essa concentração é maior que a normalmente encontrada em outros trabalhos com essa espécie e essa diferença pode ser resultado de diversas variáveis, como condições de sítio, material genético, tipo de manejo e o próprio método de quantificação do teor de carbono.

Tomasselli (2005) avaliou a concentração de biomassa e carbono orgânico em plantios de *Araucaria angustifolia*, em Caçador, SC; o teor de carbono orgânico no tronco foi aumentando proporcionalmente com a idade dos povoamentos.

Assim, percebe-se que o uso do teor de carbono de 50% deve ser utilizado apenas em casos em que não é possível se obter a real porcentagem de carbono orgânico, já que este apresenta diferentes teores de concentração em diferentes compartimentos.

4 CONCLUSÃO

O *Eucalyptus grandis* apresenta grande potencial para a alocação de biomassa e carbono orgânico em seus diferentes compartimentos, em razão de seu rápido crescimento e da elevada produtividade.

A madeira apresenta a maior concentração e proporção de peso seco entre todos os compartimentos, seguida pelos galhos, cascas e folhas.

O teor de carbono orgânico de 50% pode ser utilizado para estimar a concentração dessa variável, contudo, o ideal é fazer uma análise química e determinar a real concentração, visto que ela pode variar em razão do compartimento analisado.

Biomass and organic carbon quantification at *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden stand, at Santa Maria, RS

Abstract

*The objective of this research was to quantify the biomass and the organic carbon in the different compartments of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden specie, at eleven years old. It was randomly distributed three plots of 20 x 15 m for the study area, where it was measured the diameter at breast height and after, it was defined the average diameter three each plot to quantify the biomass. The trees were cut down and their components were separated in: wood, bark, branches and leaves. The average biomass total was 57,19 kg and the aboveground biomass for hectare it was 63,53 Mg/ha⁻¹, being the wood compartment that presented the highest percentage of biomass (72,02%), followed by the branches (14,49%), bark (8,47%) and leaves (5,03). The carbon content had the same proportion that biomass because it was used a carbon content constantly (50%). Therefore, the *Eucalyptus grandis* has large potential to increase biomass and organic carbon in different compartment.*

Keywords: Wood. Aboveground biomass. Compartments.

REFERÊNCIAS

ABRÃO, R. P. U.; GIANLUPPI, D.; ANZOLIN, M. A. **Levantamento semidetalhado dos solos da estação experimental de silvicultura de Santa Maria.** Porto Alegre: IPRNR, 1988.

BALBINOT, R. et al. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade, no Rio Grande do Sul. **Ciências Exatas e Naturais**, Irati, v. 5, n. 1, 2003.

BETTINGER, P. et al. **Forest management and planning.** Washington: Academic Press, 2009.

BROWN, L. R.; RENNER, M.; FLAVIN, C. **Signos vitales, las tendencias que guiarán nuestro futuro. Informe Del Worldwatch Institute.** Espanha: GAIA, 1998.

CAIXETA, R. P. et al. Propriedades e classificação da madeira aplicadas à seleção de genótipos de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 43-51, 2003.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Quantificação da biomassa acima do solo de *Acacia mearnsii* De Wild., procedência Batemans Bay, Austrália. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 79-91, 2001.

CAMPOS, João Carlos Chagas; LEITE, Helio Garcia. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009.

CURLIN, J. W. Nutrient cycling as a factor in site productivity and Forest fertilization. In: TREE GROWTH AND FOREST SOIL, 1., 1970, Oregon. **Annals...** Oregon, 1970.

KRAPFENBAUER, A.; ANDRAE, F. **Pesquisas Áustro-Brasileiras 1973-1982 sobre *Araucaria angustifolia*, *Podocarpus lambertii* e *Eucalyptus saligna***. Santa Maria: Ed. UFSM, 1982.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, Sebastião do Amaral; FIGUEIREDO FILHO, Afonso. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: Unicentro, 2009.

NAHUZ, M. A. R.; FRANCO, N.; FIGUEROA, F. M. Z. O uso estrutural da madeira de eucalipto: a experiência do IPT. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA E ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIA APROPRIADA DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1., 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1998.

SCHUMACHER, M. V. Estudo da biomassa e dos nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) subespécie *bicostata*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 281-286, 1998.

SCHUMACHER, M. V. et al. Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Hovenia dulcis* Thumb., plantado na Fepagro Florestas, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 27-37, 2008.

SCHUMACHER, M. V. et al. Quantificação do carbono orgânico em floresta de *Acacia mearnsii* De Wild em diferentes idades. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 1., 2001, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2001.

SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes como base da produção sustentada em ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS NATURAIS DO MERCOSUL: O AMBIENTE DA FLORESTA, 1., 1996, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 1996.

SETTE JUNIOR, C. R.; NAKAJIMA, N. Y.; GEROMINI, M. P. Captura de carbono orgânico em povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de Rio Negrinho, SC. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, 2003.

SILVA, H. D. et al. 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, 2004.

SILVA, J. C. Eucalipto: a madeira do futuro. **Revista da Madeira**, 2001. Edição Especial.

SILVEIRA, R. L. V. A. et al. Seja o Doutor do seu Eucalipto. **Arquivo do Agrônomo: Seja o Doutor do seu Eucalipto**. **Arquivo do Agrônomo**, n. 93, mar. 2001. (Série Técnica, n. 12).

TÉO, S. J. **Quantificação e modelagem do conteúdo de nutrientes na biomassa aérea de bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham)**. 2009. 157 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

TOMASELLI, A. **Determinação de biomassa em carbono em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze em Caçador, Santa Catarina**. 2005. 151 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.

VIERA, M. et al. Biomassa e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus urograndis* na Serra do Sudeste, RS. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, p. 2481-2490, 2012.

WANG, X.; FENG, Z.; OUYANG, Z. The impact of human disturbance on vegetative carbon storage in Forest ecosystems in China. **Forest Ecology and Management**, v. 148, p. 117-123, 2001.

WATZLAWICK, L. F. et al. Quantificação de biomassa total e carbono orgânico em povoa-mentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, no sul do estado do Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica: Ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 63-68, 2003.

WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R.; CALDEIRA, M. V. W. Estoque de carbono or-gânico e biomassa em *Pinus taeda* L. **Biomassa e energia**, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 1-17, 2005.

