

Anais



V Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental

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

Anais da V Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental

*Francisco Célio Maia Chaves
Luadir Gasparotto
Lucinda Carneiro Garcia
Marcos Vinícius Bastos Garcia
Ricardo Lopes
Wenceslau Geraldes Teixeira
Editores Técnicos*

*Embrapa Amazônia Ocidental
Manaus, AM
2009*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Amazônia Ocidental

Rodovia AM-010, km 29, Estrada Manaus/Itacoatiara

Caixa Postal 319, 69010-970, Manaus, AM

Fone: (92) 3303-7800

Fax: (92) 3303-7820

www.cpaa.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Celso Paulo de Azevedo*

Secretária: *Gleise Maria Teles de Oliveira*

Membros: *Aparecida das Graças Claret de Souza*

José Ricardo Pupo Gonçalves

Lucinda Carneiro Garcia

Luis Antonio Kioshi Inoue

Maria Augusta Abtibol Brito

Maria Perpétua Beleza Pereira

Paulo César Teixeira

Raimundo Nonato Vieira da Cunha

Ricardo Lopes

Ronaldo Ribeiro de Moraes

Revisão de texto: *Maria Perpétua Beleza Pereira*

Normalização bibliográfica: *Maria Augusta Abtibol Brito*

Diagramação e arte: *Gleise Maria Teles de Oliveira*

1ª edição

1ª gravação em CD-ROM (2009): 200

Todos os direitos reservados.

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

**CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Amazônia Ocidental.**

Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental (5. : 2009 : Manaus).

Anais... / editores Wenceslau Gerales Teixeira, Lucinda Carneiro Garcia, Luadir

Gasparotto, Marcos Vinicius Bastos Garcia, Ricardo Lopes e Francisco Célio Maia

Chaves. – Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009.

1 CD-ROM; 4³ pol.

ISBN 978-85-89111-07-2

1. Pesquisa. 2. Desenvolvimento. I. Teixeira, Wenceslau Gerales. II. Garcia,

Lucinda Carneiro. III. Gasparotto, Luadir. IV. Garcia, Marcos Vinicius Bastos. V.

Lopes, Ricardo. VI. Chaves, Francisco Célio Maia. VII. Título.

CDD 501

Determinação do Estoque de Carbono Acima do Solo da Espécie *Eucalyptus var. urophylla x grandis* na Amazônia Central

Roberval M. B. Lima
André Luiz B. da Cunha

Resumo

A preocupação com as mudanças climáticas muito tem refletido nos efeitos que o desmatamento e a liberação de CO₂ na atmosfera podem ocasionar. Este trabalho teve como objetivo estimar o estoque de carbono presente em florestas plantadas de *Eucalyptus var. urophylla x grandis* na Amazônia Central. Foram utilizados dados obtidos em parcelas experimentais aos 9 anos de idade, implantadas na região de Manaus, AM, Brasil (03°08'S; 60°01'W) em Latossolo Amarelo Distrófico com altitude de 50 m. Foi realizado inventário florestal, pesagem da biomassa aérea (folhas, tronco e galhos) de 21 árvores, bem como análises de solo. Foram estimadas equações por regressão para determinar o peso da biomassa total e o conteúdo de carbono a partir da biomassa verde, da espécie selecionada. O resultado do trabalho, com a escolha do melhor modelo de regressão para calcular a biomassa, indicou que o total da biomassa seca foi de 123,01 t/ha e o estoque de carbono sequestrado foi estimado em 50% do valor total da biomassa seca em 61,50 t/ha.

Introdução

Atualmente um dos temas mais discutidos é o aumento do efeito estufa e suas consequências para a vida do planeta em que vivemos.

O desmatamento na Amazônia, entre agosto de 2008 e julho de 2009, estimado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), foi de 7.464 km². Esse resultado representa redução de 42% em relação ao mesmo período em 2007-2008 (INPE, 2010). Entretanto, 80% das emissões brasileiras de CO₂ ainda são provenientes de atividades de mudança no padrão de ocupação do solo (desmatamento, atividades agropecuárias, etc.), e o restante está relacionado à queima de combustíveis fósseis e ao desmatamento destinado para produção de carvão.

Este trabalho teve como principal objetivo determinar o estoque de carbono acima do solo da espécie *Eucalyptus var. urophylla x grandis* (eucalipto), em que a iniciativa de estudos do comportamento dessa espécie na Amazônia dará início ao gerenciamento das variáveis estudadas e de quanto cada espécie pode ser fundamental na relação do sequestro e de sua liberação na atmosfera, assim poderemos estimar nossa contribuição para a solução desse problema.

Material e Métodos

A área de estudo localiza-se no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental do Km 29 da Rodovia AM-010, no Município de Manaus, AM. As coordenadas são 2° 54'04" de latitude Sul e 59° 58'41" de longitude Oeste. A altitude média é de 50 metros. Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático é o AMI, definido por uma estação menos chuvosa, porém com total pluviométrico anual elevado. A precipitação média é de 2.551 mm por ano e a temperatura média é de 25,9 °C. O solo é do tipo Latossolo Amarelo, com baixos valores de pH e CTC.

A espécie estudada foi *Eucalyptus var. urophylla x grandis*, em uma parcela com 81 árvores, distribuídas em espaçamento retangular de 3 m x 2 m. A parcela útil foi constituída de 49 plantas. O plantio das árvores deu-se no ano de 1998, com preparo da área e plantio semimecanizado. No plantio fez-se adubação com 60 gramas de superfosfato triplo.

As avaliações de altura e DAP foram realizadas anualmente, com a altura medida com uma vara graduada de 15 m e indivíduos com altura superior, com auxílio do aparelho Blume-Leiss. O diâmetro à altura do peito (DAP) foi medido com fita diamétrica.

Após o inventário, foram obtidas as variáveis altura, DAP, área basal (G) e volume (v). Foi realizada a classificação diamétrica do talhão em quatro classes (9 cm-13 cm; 13 cm-17 cm; 17 cm-21 cm; 21 cm-23 cm) e realizado um desbaste, retirando-se 40% das árvores em relação ao total da área basal.

Para determinação da biomassa, as árvores-amostra foram compartimentadas em folhas, casca, ramos principais e secundários e fuste principal. De cada compartimento foi obtido peso verde (g) e peso total e posteriormente peso seco em estufa de ventilação forçada por aproximadamente 48 h, à temperatura de 1.053 °C.

Na determinação do volume, foi utilizado o método da cubagem rigorosa pelo método de SMALIAN. Com o emprego desse método, mediram-se os diâmetros ou as circunferências nas extremidades de cada secção; estimou-se a área transversal e calculou-se o volume (V) das árvores-amostra conforme a seguinte fórmula:

$$V = \frac{(g_i + g_{i+1}) L}{2}$$

Em que:

V= volume da secção considerada

g_i = área seccional do extremo da secção

g_{i+1} = área seccional do outro extremo da secção

L= comprimento da secção

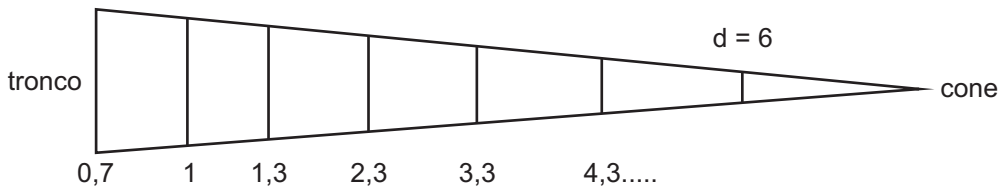


Figura 1. Desenho esquemático das secções de tronco para estimativa do volume das árvores calculado pelo método de Smalian.

Para estimar a biomassa aérea e determinar o estoque de carbono, foram ajustadas equações de regressão com utilização do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009).

Para escolha do modelo preditivo mais adequado, foi realizada análise de regressão linear, procedendo-se o ajuste de 8 modelos (Tabela 1).

Tabela 1. Equações de simples e dupla entrada para estimar o peso da biomassa aérea das árvores.

Modelo (nº)	Formulação matemática
1	$p = \beta_0 \cdot dap \beta_1 + \epsilon$
2	$p = \beta_0 + \beta_1 \cdot dap + \beta_2 \cdot dap^2 + \epsilon$
3	$p = \beta_0 + \beta_1 \cdot dap + \beta_2 \cdot dap^2 \cdot h + \epsilon$
4	$p = \beta_0 + \beta_1 \cdot dap + \beta_2 \cdot dap^2 + \beta_3 \cdot dap^2 \cdot h + \epsilon$
5	$p = \beta_0 + \beta_1 \cdot dap^3 + \beta_2 \cdot dap^2 \cdot h + \epsilon$
6	$p = \beta_0 + \beta_1 \cdot dap + \beta_2 \cdot h + \epsilon$
7	$p = \beta_0 \cdot dap \beta_1 \cdot h \beta_2$
8	$p = \beta_0 \cdot g \beta_1 + \epsilon$

Nota:

dap = diâmetro a 1,30 m do solo.

g = área transversal individual.

h = altura total (m).

p = peso seco ou verde da árvore individual (kg).

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = coeficientes de regressão.

ϵ = erro aleatório

As análises foram realizadas com a utilização do programa "R", pelo qual foram determinadas as estatísticas QMR, R^2 ajustado e VIF para cada um dos modelos.

O VIF – valor inflacionário – é uma estatística que determina o valor que está sendo inflacionado pelo acréscimo de uma nova variável regressora no modelo, calculado pela seguinte fórmula:

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2}$$

Quando os valores de VIF são maiores que 10, indicam que os coeficientes de regressão associados estão pobremente estimados devido ao efeito da multicolinearidade.

O QMres (quadrado médio do resíduo) é a variância dos resíduos. A partir da variância, calcula-se o erro padrão dos resíduos, e quanto menor esse erro, maior será a probabilidade do modelo estar bem ajustado quanto a estimar a variável dependente (peso seco total da biomassa aérea).

$$QMres = SQRes / (n-p)$$

Onde:

QMRes = quadrado médio do resíduo

SQRes = soma dos quadrados do resíduo

n = número total de observações

p = números de variáveis independentes ou regressoras

Em que a fórmula possui $(n - p)$ graus de liberdade associados, visto que “p” parâmetros são estimados no modelo de regressão. Tem-se, assim, o quadrado médio residual Q_{mres} (GIOLO, 2007).

O coeficiente de determinação – R^2 ajustado foi calculado pela seguinte fórmula:

$$R_a^2 = 1 - \frac{SQ_{res} / (n-p)}{SQ_{res} / (n-1)} = 1 - \frac{(n-1) SQ_{res}}{(n-p) SQ_{res}}$$

Resultados e Discussão

Seleção das árvores para desbaste

Os indivíduos foram selecionados para desbaste considerando o seguinte critério de escolha: retirar 40% do total de indivíduos em relação à área basal total da parcela (Tabela 2). Sendo que as árvores selecionadas foram ainda classificadas em ordem decrescente pelo tamanho do diâmetro (classificação diamétrica), dividindo a população em quatro classes (I, II, III, IV).

As árvores foram classificadas em classes de diâmetro cuja amplitude foi determinada pela média mais ou menos o desvio padrão ($\chi \pm s$, procurando-se manter um máximo de quatro classes.

Na Tabela 3 apresenta-se a distribuição dos diâmetros obtidas.

Biometria do Eucalipto

Os resultados obtidos referentes aos parâmetros dendrométricos alcançados na mensuração do eucalipto são apresentados na Tabela 4.

O somatório do volume de todas as árvores com e sem casca foram,

respectivamente, 2,2275 m³ e 2,2640 m³. A área basal (G) indica a ocupação das árvores no terreno, que é, na verdade, o somatório da área transversal (g_i) a 1.3 m (DAP) de cada árvore do terreno; onde neste estudo obteve-se um valor de 0,2403 m².

Análise de Regressão e estimativa da biomassa aérea

Análise de regressão linear múltipla pode ser vista como uma extensão da análise de regressão linear simples, que envolve somente uma variável independente, para a situação em que se tem um conjunto de variáveis independentes.

Tratar com diversas variáveis independentes simultaneamente em uma análise de regressão é, em geral, mais complexo do que com uma única variável independente, por algumas das seguintes razões: é difícil escolher um único e bom modelo; é difícil visualizar o modelo ajustado na presença de mais de duas variáveis independentes; e algumas vezes é difícil interpretar as estimativas dos parâmetros do modelo de regressão escolhido.

Em geral, o objetivo de se ajustar um modelo de regressão linear múltipla é o de prever a variável resposta por meio das variáveis independentes. Em diversas situações se concluirá que as previsões da variável resposta realizadas por meio de uma única independente são muito imprecisas e, sendo assim, modelos com mais de uma variável independente serão analisados para melhorar tais previsões.

O resultado das análises de regressão para escolha do melhor modelo (cf. Tabela 1) está apresentado na Tabela 5.

Tabela 2. Árvores selecionadas em relação à área basal (G) das árvores vivas na parcela de eucalipto (*Eucalyptus* var. *urophylla* x *grandis*), com 9 anos de idade.

Árvore	Fuste	Diâmetro	Altura	DAP (m)	G (m ² /ha)	Vol.(m ³ /ha)
39	1	7,2	14,7	0,072	0,004	0,030
38	1	7,7	15,2	0,077	0,005	0,035
21	1	7,8	15,2	0,078	0,005	0,036
33	1	8,0	16,6	0,080	0,005	0,042
41	1	8,8	16,8	0,088	0,006	0,051
71	1	8,9	15,6	0,089	0,006	0,049
52	1	8,9	19,0	0,089	0,006	0,059
22	1	9,0	13,7	0,090	0,006	0,044
17	1	9,4	18,2	0,094	0,007	0,063
69	1	11,8	20,7	0,118	0,011	0,113
50	1	12,3	19,9	0,123	0,012	0,118
47	1	13,0	21,9	0,130	0,013	0,145
29	1	13,4	25,5	0,134	0,014	0,180
43	1	13,6	24,2	0,136	0,015	0,176
56	1	13,9	26,2	0,139	0,015	0,199
24	1	13,9	22,8	0,139	0,015	0,173
67	1	14,0	23,3	0,140	0,015	0,179
31	1	14,1	26,7	0,141	0,016	0,208
59	1	16,9	27,2	0,169	0,022	0,305
13	1	17,2	28,7	0,172	0,023	0,333
61	1	17,4	30,2	0,174	0,024	0,359
Média		13,2	22,8	0,132	0,015	0,183
Máximo		23,9	30,6	0,239	0,024	0,359
Mínimo		7,2	13,0	0,072	0,004	0,030
Desvio padrão		3,3	5,1	0,035	0,008	0,129

Tabela 3. Distribuição diamétrica na parcela de eucalipto e número de árvores selecionadas.

Classes de diâmetro	Amplitude (cm)	Valor Central (cm)	Frequência	Nº de árvores selecionadas
I	7 – 10	8,5	11	9
II	10 – 13	11,5	8	2
III	13 – 16	19,5	19	7
IV	>16	-	7	3

Tabela 4. Parâmetros dendrométricos obtidos na mensuração do eucalipto.

NºArv.	DAP (cm)	Ht (m)	Vtcc (m³)	Vtsc (m³)	g _i (m²)	f _{1,3}	f _{0,1}	C (%)
13	17.20	26.90	0.281665	0.280751	0.02320	0.63	0.45	0.32
17	9.80	16.20	0.058461	0.058035	0.00754	0.48	0.48	0.73
21	8.50	12.70	0.033580	0.033385	0.00567	0.47	0.47	0.58
22	7.90	13.70	0.030949	0.030818	0.00490	0.46	0.46	0.42
24	13.70	22.00	0.144469	0.143905	0.01474	0.51	0.45	0.39
29	14.00	21.50	0.134356	0.133544	0.01539	0.55	0.41	0.60
31	14.40	23.50	0.158000	0.157014	0.01629	0.60	0.41	0.62
33	7.80	14.60	0.035445	0.035131	0.00478	0.52	0.51	0.88
38	7.90	14.20	0.028537	0.028278	0.00490	0.42	0.41	0.91
39	6.80	13.90	0.024942	0.024504	0.00363	0.51	0.49	1.76
41	8.40	15.50	0.040884	0.040706	0.00554	0.50	0.48	0.44
43	12.20	22.40	0.138437	0.137816	0.01169	0.48	0.53	0.45
47	13.50	20.60	0.116579	0.115854	0.01431	0.47	0.40	0.62
50	12.40	20.40	0.103711	0.103003	0.01208	0.50	0.42	0.68
52	9.00	16.50	0.046910	0.046515	0.00636	0.46	0.45	0.84
56	11.90	21.90	0.145979	0.145213	0.01112	0.68	0.60	0.52
59	17.20	24.80	0.224825	0.223571	0.02324	0.46	0.39	0.56
61	17.40	25.50	0.256709	0.255165	0.02378	0.48	0.42	0.60
67	13.90	21.60	0.137724	0.136771	0.01517	0.49	0.42	0.69
69	11.20	17.80	0.089681	0.088845	0.00985	0.53	0.51	0.93
71	8.80	13.80	0.045637	0.045134	0.00608	0.56	0.54	1.10

Nota: f_{1,3} = fator de forma normal ou cilíndrico; f_{0,1} = fator de forma de Hohenald ou natural; % C = percentual de casca; g = área basal; VT = volume total; HT = altura total; DAP = diâmetro à altura do peito.

Tabela 5. Modelos, parâmetros e estatísticas para escolha do melhor modelo.

Modelo	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	Qmres	R ² ajust.	VIF
1	-93,91	1.335,18	-	-	0.8579	332	1,00
2	50,05	-1.235,47	10.610,77	-	0.9032	227	68,02
3	46,44	-653,81	291,96	-	0.9436	132	23,784
4	-37,59	1.522,63	-19.713,97	673,55	0.9653	81	185,05
5	30,48	-8.406,01	493,23	-	0.9577	99	95,308
6	-118,798	601,393	5,781	-	0.8739	295	13,144
7	-31,305	39,354	-	-	0.9237	179	1,00
8	9,9229	1,3181	-	-	0.8905	0,0732	1,00

A partir do resultado apresentado na Tabela 5, conclui-se que o modelo 8 apresentou o menor erro estimativo (QMRes = 0,0763). Portanto o melhor modelo ajustado, apresentado na forma linear:

$$ps = e^{(9,9229 + 1,3181 \cdot \ln(g))} \text{ (modelo 8)}$$

Em que:

ps = peso seco da biomassa aérea total em quilograma (kg)

g = área transversal em m²

e = constante neperiana 2,718282

Utilizando-se a equação 8, construiu-se o gráfico dos dados observados e estimados, conforme mostra a Figura 1.

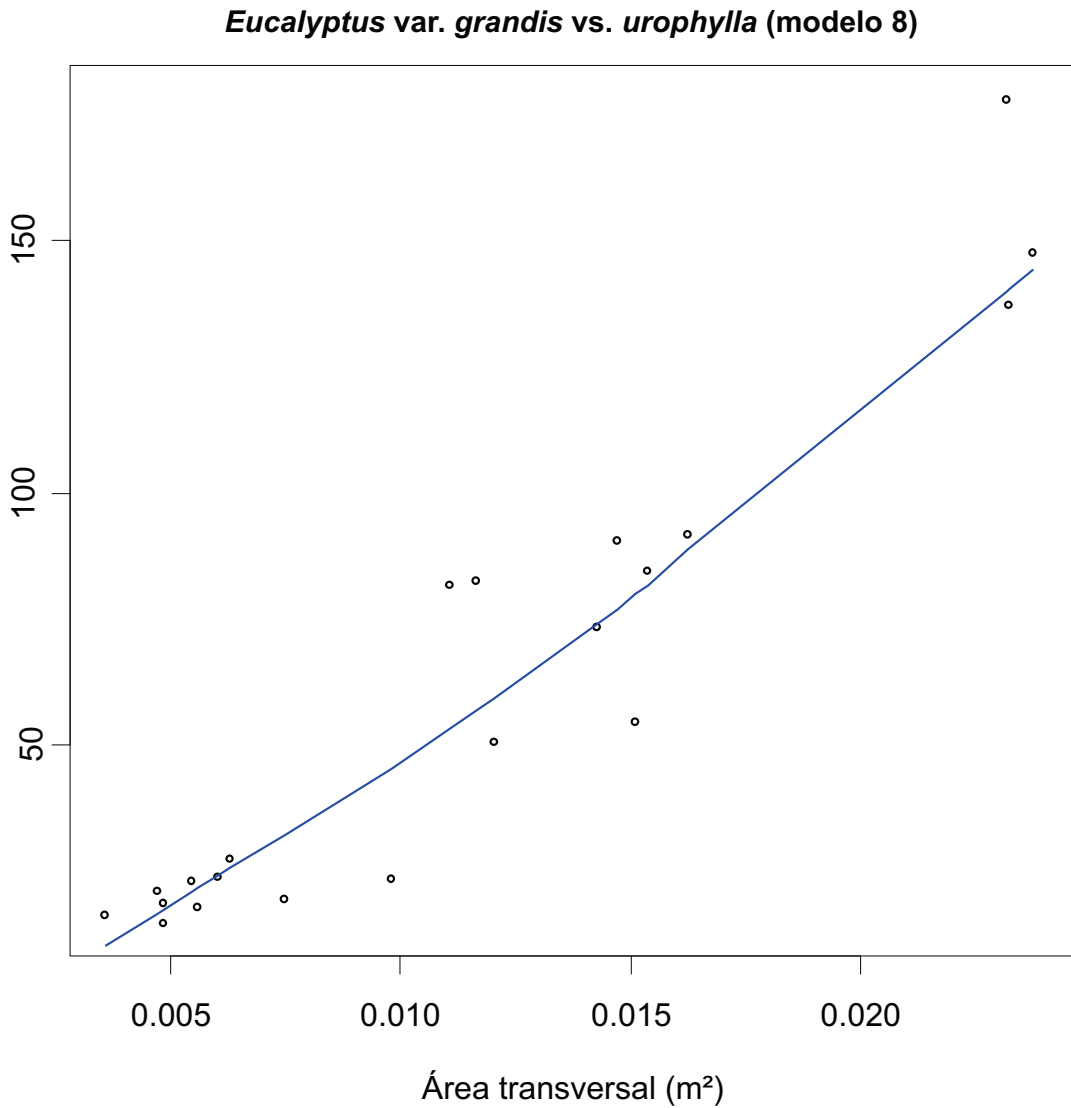


Figura 1. Dados observados (pontos) da área transversal vs. biomassa seca e a reta de regressão ajustada pelo modelo $p = \beta_0 g^{\beta_1} + \varepsilon$.

Com a utilização da equação 8, pode-se estimar a biomassa seca total para um hectare de árvores plantadas. A quantidade total de biomassa seca estimada foi de 123,01 mg/ha. Para determinação do estoque de carbono sequestrado por um hectare de plantio, considerou-se o valor de 50% do total da biomassa seca, obtendo-se, portanto, 61,50 mg/ha.

Para melhor visualização apresentaram-se, na Figura 2, os resultados obtidos na forma gráfica.

Estudos realizados por Soares e Oliveira (2002) para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, MG, indicaram o valor médio de 59,82 kg de C.arv⁻¹. Esse valor é maior que o encontrado neste estudo de 36,90 kg/ha⁻¹ de carbono sequestrado. A ausência das adubações de manutenção provavelmente foi o fator que contribuiu para essa diferença.

Oliveira Neto et al. (2003) encontraram valores de biomassa para *Eucalyptus camaldulensis*, aos 32 meses de idade, variando de 31,15; 30,66; 38,87 e 24,67 toneladas/hectare em espaçamentos de 6, 9, 12 e 15 m² por planta, respectivamente, sem aplicação de fertilizantes.

Melo e Gonçalves (2008) estimaram a produção de biomassa seca de *Eucalyptus grandis*, aos 9 anos de idade, em Latossolo Vermelho Distrófico e Neossolo Quartzarêmico, em 131 e 94 Mg.ha⁻¹, respectivamente.

Comparando os resultados estimados da biomassa seca/hectare, aos 9 anos de idade, neste estudo (123,01 Mg.ha⁻¹), com o resultado relatado por Melo e Gonçalves (2008), verificam-se valores bastante similares considerando a natureza do solo semelhante (Latossolo). Observa-se ainda que, nos plantios de eucalipto em Manaus, AM, foi realizada apenas uma adubação à época do plantio de 150 g/planta de SFS (superfosfato simples).

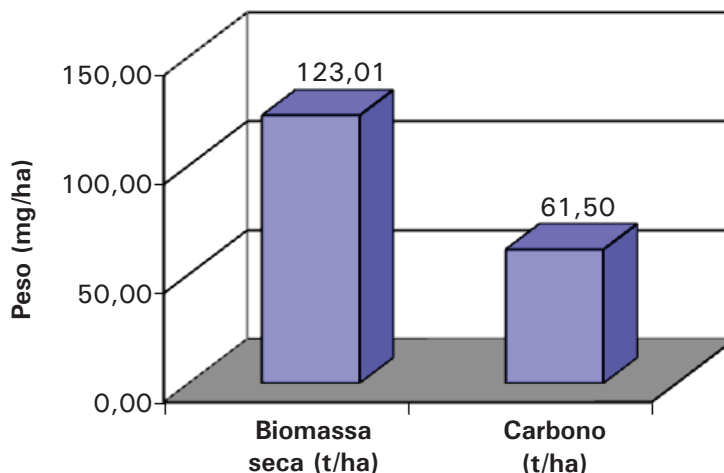


Figura 2. Biomassa seca total e carbono sequestrado em 1 hectare de plantio de eucalipto aos 9 anos de idade.

Conclusões

Pela utilização de vários modelos estudados e avaliados pela análise de regressão linear das variáveis, pela qual se determinou o estoque de carbono das árvores de *Eucalyptus* var. *urophylla x grandis*, conclui-se que:

- O modelo escolhido ($ps = e^{(9,9229 + 1,3181 \cdot \ln(g))}$), com erro padrão médio de 0,27 foi adequado e estimou com precisão a biomassa seca aérea das árvores de eucalipto.
- A quantidade de carbono estocada das árvores aos 10 anos de idade, em uma área de um hectare, foi de 61,50 t/ha.
- Não se detectaram diferenças significativas nas estimativas entre o estoque de carbono utilizando a biomassa seca total sem as folhas ou com as folhas.

Referências

INPE, 2009.

<http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=2175> Acesso em 05.05.2010.

GILOLO, S. R. Análise de Regressão Linear. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2007. 72p.

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

OLIVEIRA NETO, S. N. de; REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Em resposta à adubação e ao espaçamento. **R. Árvore**, v.27, n.1. p.15-23. 2003.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2009. ISBN 3-900051-070, URL <http://www.R-project.org>.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. de. **Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais**. Viçosa, 2002. Revista Árvore. Vol. 26, n. 5, set./out. p.533 - 539.