



ESTIMATIVA DA BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM POVOAMENTOS DE *Pinus elliottii* Engelm. NA REGIÃO SUL DO BRASIL

VALERIO, Álvaro Felipe¹; LISBOA, Gerson dos Santos²;
WATZLAWICK, Luciano Farinha³; PESCADOR, Camila Mariah Magri⁴;
MIRANDA, Dirceu Lúcio Carneiro de⁵; FRANÇA, Luciano Cavalcante de Jesus⁶

RESUMO – (ESTIMATIVA DA BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM POVOAMENTOS DE *Pinus elliottii* Engelm. NA REGIÃO SUL DO BRASIL)

A geração de estimativas precisas do papel das florestas plantadas de *Pinus*, nas mudanças climáticas, torna-se necessário a adoção de métodos de quantificação de biomassa vegetal e de estocagem de carbono. Este estudo teve como objetivo quantificar o estoque de biomassa total e de carbono em um povoamento florestal de *Pinus elliottii* Engelm., em diferentes idades na região Sul do País. Os dados foram provenientes de 25 povoamentos com idades de 1 a 25 anos, totalizando 125 árvores, sendo 5 árvores para cada idade. As árvores foram derrubadas e seccionadas em: acículas, galhos vivos, galhos mortos, raízes, estruturas reprodutivas, madeira do fuste e casca do fuste, e ajustados vários modelos matemáticos. A quantidade de biomassa da maioria dos componentes, apresentou alta relação com as variáveis dendrométricas, resultando em equações adequadas, exceto para os componentes galhos mortos e estruturas reprodutivas.

Palavras-chave: floresta plantada de *Pinus*, ciclagem de nutrientes, ajuste de equações.

ABSTRACT – (ESTIMATED BIOMASS CARBON AND STANDS STOCK *Pinus elliottii* Engelm. IN THE REGION SOUTH OF BRAZIL) Generating accurate estimates of the role of planted forests of pine, Climate Change It If Necessary one Quantification Methods adoption of biomass and carbon storage. This study aimed to quantify the total stock of biomass and carbon in forest stand of *Pinus elliottii* Engelm., in different ages in the southern region of the country. Were the data from 25 stands

¹ Engenheiro Florestal - Mestre em Ciências Florestais - Prefeito de Clevelândia, Paraná.

² Engenheiro Florestal - Dr. Engenharia Florestal - Docente Universidade Federal do Piauí (UFPI), Colegiado de Engenharia Florestal.

³ Engenheiro Florestal - Dr. Engenharia Florestal - Docente Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Agronomia.

⁴ Engenheira Ambiental - Especialista Engenharia de Seg. do Trabalho - Consultora Ambiental.

⁵ Engenheiro Florestal - Doutorando em Engenharia Florestal (INPA) - Docente Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Colegiado de Engenharia Florestal.

⁶ Engenheiro Florestal - Universidade Federal do Piauí (UFPI).

aged 1-25 years totaling 125 trees, trees paragraph 5 being every age. Were tipped as trees and sectioned in: needles, living branches, which, Dead branches, roots, reproductive structures, wood and bark of the stem to stem, and adjusted Several Mathematical models. The amount of biomass of most components, presented high relations variables such as dendrometric, resulting in appropriate equations, other than those components dead branches and reproductive structures.

Keywords: planted forest of pine, nutrient cycling, set of equations.

1. INTRODUÇÃO

O Efeito Estufa (EE) é um fenômeno natural que mantém a atmosfera da Terra em torno de 30° C mais quente do que ela seria com sua ausência, permitindo a existência de água em estado líquido na superfície terrestre e tornando-se a base para a evolução biológica e possibilitando a manutenção da vida no planeta (PACIORNIK e MACHADO FILHO, 2000; IPCC, 1995).

Na tentativa de manter as florestas tropicais e seus vastos estoques de carbono intactas, a comunidade internacional vem implementado políticas para compensar ações dos trópicos que reduzirem suas emissões de carbono provenientes de desmatamento e degradação florestal (Walker et al., 2011). Pesquisas têm demonstrado que as florestas são verdadeiros sumidouros de carbono, pois, por meio do processo fotossintético acoplado à produção de celulose durante o crescimento e manutenção das plantas, as

florestas acumulam carbono (RENNER, 2004).

O gênero *Pinus* engloba mais de 100 espécies e a maioria delas representa importante fonte de matéria-prima para a indústria de transformação de madeira, constituem-se também, nas principais coníferas utilizadas mundialmente para fabricação de celulose, sendo um recurso facilmente renovável (Foelkel e Barrichelo, 1975). Além disso, para Caser (1984) o gênero *Pinus*, por suas características de ocorrência em solos de baixa fertilidade em suas áreas de distribuição natural, desponta como promissor para essas situações onde o solo foi totalmente degradado e também em solos de baixa fertilidade natural.

Os estudos relacionados à quantificação de biomassa e de estoque de carbono requerem grandes investimentos financeiros, trabalho e tempo, entretanto, sua determinação pode ser obtida por meio de métodos diretos e indiretos, nos quais os métodos diretos envolvem o corte das árvores e a pesagem de seus componentes

separadamente e os indiretos utilizam-se de dados precisos obtidos pelo método direto, para aplicação de técnicas de modelagem matemática ou de análise de imagens orbitais para a realização de estimativas, a qual, na literatura, diferentes tipos de imagens têm sido usados para estimar a biomassa e carbono florestal por meio de dados de sensores remotos (KOCH, 2010).

Com o crescente aumento das concentrações do CO₂ na atmosfera e o seu efeito potencial sobre o clima, muitas pesquisas têm sido direcionadas para estudos visando obter estimativas sobre a contribuição de cada ecossistema na absorção do carbono atmosférico. Sabe-se que as formações vegetais desempenham importante papel no ciclo global do carbono, mas poucos estudos têm quantificado o estoque de carbono e as taxas de sequestro de carbono nos diferentes Biomas Brasileiros. As poucas experiências existentes neste sentido estão restritas à Amazônia (FEARNSIDE e GUIMARÃES, 1996).

Campos (1991) detalhou que a medição da biomassa é um instrumento útil na avaliação de ecossistemas devido a sua aplicação na avaliação da produtividade, conversão de energia, ciclagem de nutrientes, absorção e armazenamento de energia solar, possibilitando também, conclusões para exploração racional dos

mesmos, bem como, para Sedjo (1992) e Dixon et al. (1994), o volume de biomassa florestal e sua distribuição são fatores controladores do estoque de carbono global.

A estimativa de biomassa é imprescindível aos estudos do balanço global de carbono (KETTERINGS et al., 2001). A avaliação acurada da biomassa florestal e seu padrão de mudança no tempo é um pré-requisito para ajudar a entender a função das florestas no ciclo do carbono (SEDJO, 1992; FAN et al., 1998; BROWN et al., 1999). Uma das maneiras de se conhecer o estoque de carbono em árvores é por meio do desenvolvimento de modelos matemáticos para sua estimativa (SANQUETTA et al., 2004).

É de grande importância o conhecimento da biomassa em povoamentos florestais, bem como, em seus distintos componentes. Para tanto, torna-se necessário o aperfeiçoamento de métodos de estimativas indiretas, buscando-se chegar a resultado confiável, por meio do desenvolvimento e uso de equações matemáticas apropriadas, utilizando dados originários de inventários florestais e assim, permitir o monitoramento e o entendimento das mudanças mais significativas nestas plantações, obtendo-se a quantidade de biomassa retida nas mesmas para uma

determinada espécie. Deste modo, o presente estudo objetivou a quantificação de biomassa e carbono estocado em árvores de *Pinus elliottii* Engelm. em diferentes idades e em seus distintos componentes, bem como, o ajuste de modelos matemáticos para estimativas precisas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A região de estudo localiza-se no município de Clevelândia, região Sudoeste do Paraná, Figura 1. A vegetação nativa é a Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária (IBGE, 2012). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e do mês mais frio inferior a 18 °C (PARANÁ, 1994). A precipitação média anual varia de 1.980 a 2.100 mm. Conforme classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), sem estação seca definida e com ocorrência de intensas geadas no inverno.

2.2. Amostragem e Quantificação da Biomassa

No inventário florestal e seleção das unidades amostrais, os levantamentos

foram realizados em 25 povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm., com idades de 1 a 25 anos, em propriedades pertencentes às empresas AFV Indústria e Comércio de Madeiras Ltda. e Camifra S/A Madeiras, Agricultura e Pecuária. O processo de amostragem utilizado foi o sistemático por meio do método de área fixa, sendo instaladas em cada povoamento unidades amostrais de 20 m x 20 m (400 m²).

Árvores com idade superior a dois anos tiveram a circunferência à altura do peito (1,30 m a partir do nível do solo) CAP medidas. Indivíduos com um ano de idade tiveram medidos a circunferência à altura do colo (CAC). Os valores de CAP foram convertidos em diâmetro à altura do peito (DAP). A semelhança dos tratos culturais e espaçamentos foi considerada na escolha das áreas selecionadas. Os inventários realizados para cada idade contemplaram amostragem superior a 1% da população, com um erro admissível de 10%, com nível de probabilidade igual a 95%.

Com base nos dados inventariados foram cortadas cinco árvores em cada idade, totalizando 125 indivíduos amostrados, os quais tiveram seus componentes arbóreos separados em: madeira do fuste, casca do fuste, acículas e galhos vivos, sendo pesados em campo para obtenção da massa de matéria fresca.

Na determinação da biomassa das raízes, foram quantificadas as árvores de área basal média do povoamento (dg) em cada idade, totalizando para este segmento amostra de raízes de 25 árvores. Os dados

de biomassa foram coletados em campo no período de julho a dezembro de 2008, utilizando o método destrutivo. As amostras foram pesadas em balança mecânica com precisão de 0,1 g.

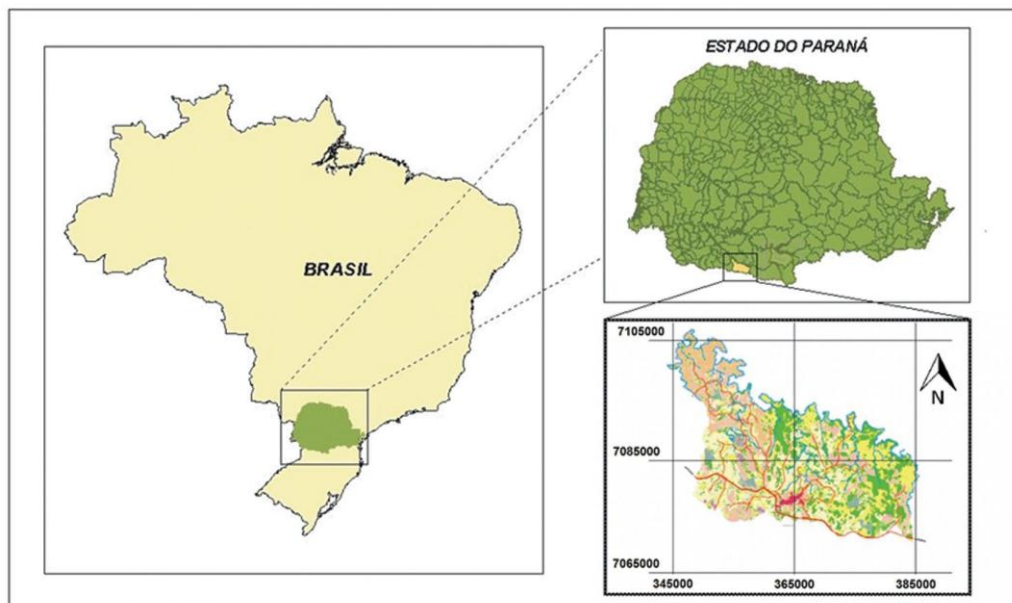


Figura 1. Localização da área de estudo, município de Clevelândia, Paraná, Brasil.

Para estimar o estoque de biomassa utilizaram-se como variáveis dependentes a quantidade total de biomassa de cada árvore e seus componentes, como variáveis independentes os valores advindos das medições de diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (h) e a combinação de ambos. Foram testados 17 modelos matemáticos para ajuste das equações de regressão, sendo 13 aritméticos e quatro logarítmicos, considerando cada um dos

componentes da árvore, bem como a árvore inteira, Tabela 1.

Para selecionar a equação mais adequada para estimar a biomassa foram utilizadas as seguintes estatísticas: coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), erro-padrão da estimativa em porcentagem ($Sy_x\%$), valor da estatística F além da distribuição gráfica de resíduos em porcentagem. Serão apresentados os resultados estatísticos e os gráficos de distribuição de resíduos que melhor se ajustaram para cada componente, assim

como para a totalidade da árvore, com base nos critérios estatísticos acima citados.

em campo para a obtenção da massa de matéria fresca. Para a determinação da biomassa de raízes, foram quantificadas somente as árvores de área basal média do

Tabela 1. Modelos matemáticos testados para estimar a biomassa dos distintos componentes de *Pinus elliottii* Engelm., em Clevelândia, PR

Número	MODELO MATEMÁTICO
1	$y = b_0 d^b$
2	$y = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$
3	$y = b_0 + b_1 d + b_2 (d^2 h)$
4	$y = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 (d^2 h)$
5	$y = b_0 + b_1 d^2 + b_2 (d^2 h)$
6	$y = b_0 + b_1 d + b_2 h$
7	$y = b_0 d^b h^c$
8	$y = b_0 + b_1 d$
9	$y = b_0 + b_1 d^2$
10	$y = b_0 + b_1 d^3$
11	$y = b_0 + b_1 d^2 h$
12	$\ln y = b_0 + b_1 \ln (d^2 h)$
13	$y = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d^3$
14	$y = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d^3 + b_4 d^4$
15	$y = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d^3 + b_4 d^4 + b_5 d^5$
16	$\ln y = b_0 + b_1 \ln h$
17	$y = b_0 + b_1 d^2 + b_2 h^2 + b_3 (d^2 h)$

y = peso de biomassa; b_0, b_1, b_2, \dots = coeficientes; d = diâmetro à altura do peito; h = altura total da árvore.

2.3. Determinação da biomassa

Em cada idade abateu-se 5 árvores, totalizando uma amostragem de 125 indivíduos, os quais tiveram seus componentes arbóreos separados em: acículas, madeira do fuste, galhos vivos, galhos mortos, casca do fuste e estrutura reprodutiva, sendo posteriormente pesados

povoamento (dg) em cada idade, compondo para este segmento a amostragem de raízes de 25 árvores.

Os dados de biomassa foram coletados em campo no período de julho a dezembro de 2008, utilizando-se do método destrutivo. Em cada povoamento, realizou-se o sorteio de uma das unidades

amostrais, onde foram abatidas cinco árvores que se encontravam dentro dessa unidade, sendo estas: a árvore mais próxima a dg do povoamento, árvore dg mais um desvio padrão, árvore dg mais dois desvios padrões árvore dg menos um desvio padrão e árvore dg menos dois desvios padrões.

Em todos os indivíduos abatidos, obteve-se as seguintes variáveis dendrométricas: altura total (m), diâmetro (cm) e espessura de casca em posições relativas ao longo do fuste (mm), diâmetro a altura do peito (DAP) a 1,30 m (cm) para árvores com idade superior a dois anos e circunferência a altura do colo (CAC) para árvores de um ano (mm).

2.4. Biomassa seca e carbono orgânico

Com os dados provenientes da biomassa verde e os teores de umidade para cada componente das árvores abatidas, realizou-se os cálculos da biomassa seca, utilizando-se a seguinte equação:

$$Bs = Bv \times (1 - Um)$$

Em que:

Bs = biomassa seca (kg);

Bv = biomassa verde (kg);

Um = teor de umidade (%).

Após os cálculos da biomassa seca, procedeu-se os cálculos relativos à quantidade de carbono existente em cada

componente, utilizando-se para tanto a equação:

$$\text{Carb} = Bs \times Tc$$

Em que:

Carb = carbono (kg);

Bs = biomassa seca (kg);

Tc = teores médios de carbono para idade (g.kg^{-1}).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se verificar o estoque de biomassa e carbono nos diferentes componentes das árvores de *Pinus elliottii* Eng. nas diferentes idades na Figura 2.

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 (SCHUMACHER, 1996).

Nesse sentido, segundo Andrae (1982) o maior percentual de biomassa de um povoamento encontra-se no tronco e este tende a aumentar à medida que o povoamento envelhece. Além da idade, a fertilidade do solo, é outro fator, que pode alterar o acúmulo de biomassa do fuste em relação aos outros componentes, priorizando, principalmente o desenvolvimento do sistema radicular em detrimento dos demais.

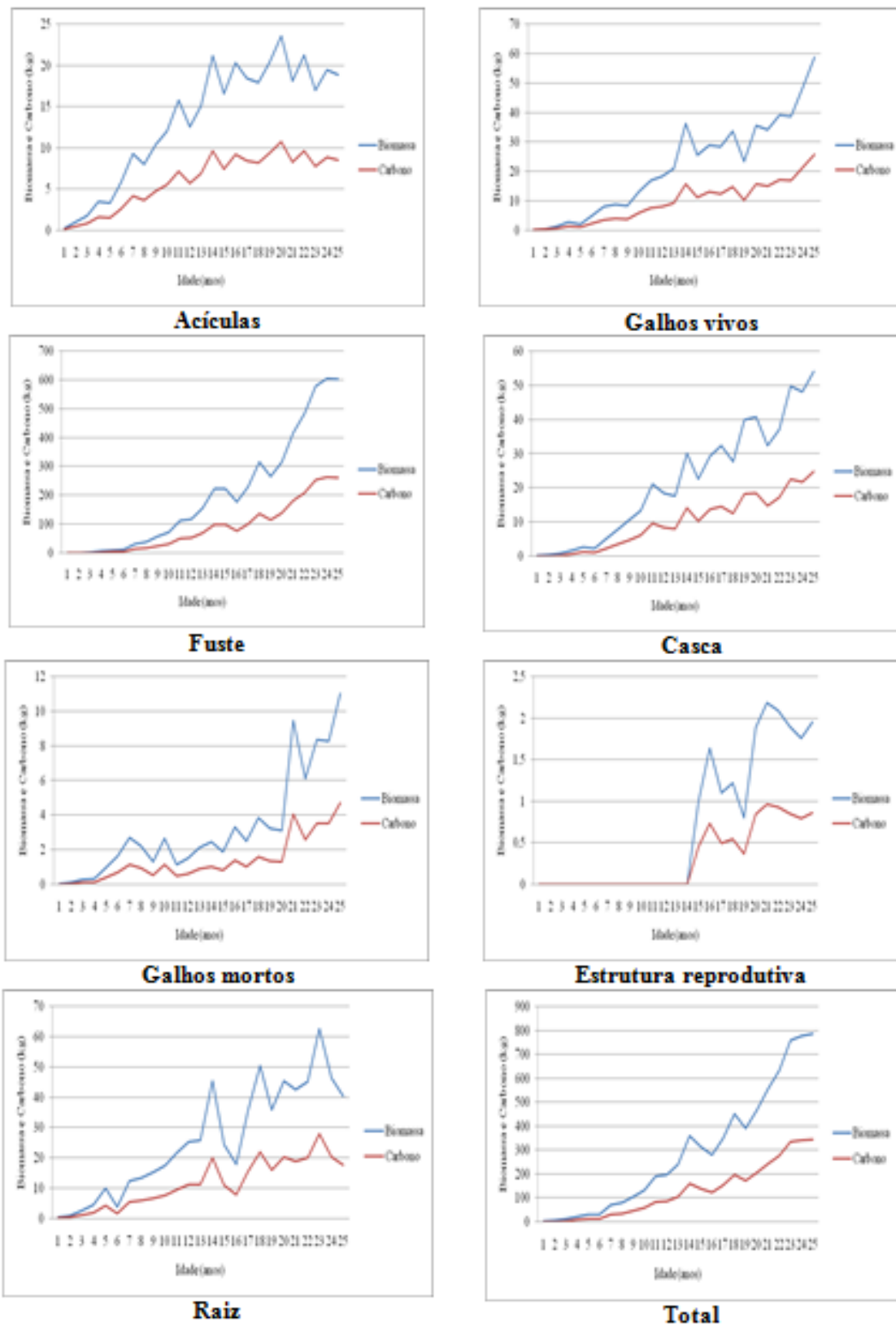


Figura 2. Evolução do acumulado de biomassa e carbono nos componentes de *Pinus elliottii* Eng.

Reis et al. (1985) estudando o acúmulo de biomassa em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis*, em duas áreas com diferentes produtividades, encontraram uma contribuição do sistema radicial que variou de 29,4 a 36,7% na área menos produtiva, e de apenas 13% na área mais produtiva, em relação à biomassa total, em povoamentos com mais de 51 meses. Neste mesmo estudo, a biomassa de madeira na área mais produtiva foi de aproximadamente 61%, quando no sítio menos produtivo não passou de 45,8%. A distribuição gráfica dos resíduos evidencia-se como homogênea para a equação resultante desse modelo.

5.2. Ajuste de equações para estimativa de biomassa e carbono fixado

Para estimativa do peso da biomassa e do carbono fixado nas árvores de *Pinus elliottii* Eng., ajustaram-se diversos modelos matemáticos, sendo que para fins de discussão foram selecionadas os 8 modelos que apresentaram os melhores desempenhos, sendo 4 para biomassa e para o carbono.

5.3. Peso total de biomassa e carbono

De uma forma geral as equações selecionadas para estimativas da biomassa

total apresentaram R^2_{aj} variando de 0,9476 a 0,9731 e $S_{yx\%}$ entre 18,86 a 30,27%. Já as equações para estimar o peso total de carbono, apresentaram uma variação do R^2_{aj} entre 0,9465 e 0,9738 e $S_{yx\%}$ entre 18,96 e 29,79%, Tabela 2.

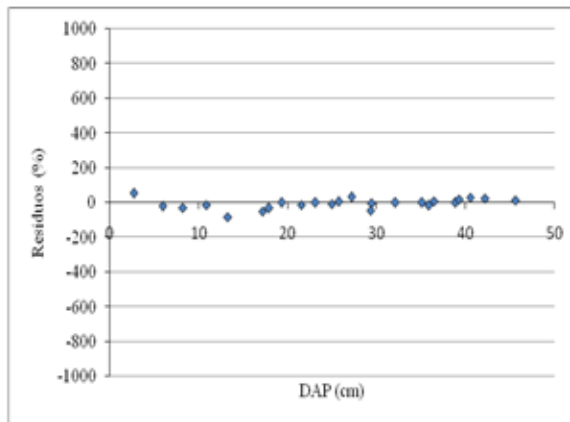
Os resultados obtidos apresentam valores aceitáveis do ponto de vista prático na área florestal e mostram que as equações 1, 10 e 12 apresentaram os melhores coeficientes de determinação e para a estatística F, destacando o menor erro padrão da estimativa em porcentagem para a equação 15. As diferenças encontradas nos valores do coeficiente de determinação e erro padrão da estimativa em porcentagem são relevantes, levando-se em conta tratar-se da estimativa da biomassa e do carbono total da árvore, destacando ainda, que a variável altura total (h) não expressou aumento da eficácia no ajuste dos modelos analisados nessas condições de diferentes idades (1 a 25 anos).

A distribuição dos resíduos das equações selecionadas (1, 10, 12 e 15) podem ser observadas nas Figuras 3 e 4, onde verifica-se que as equações logarítmicas 1 e 12 explicam de maneira satisfatória as variáveis de interesse, isentas de uma distribuição de resíduos tendenciosa.

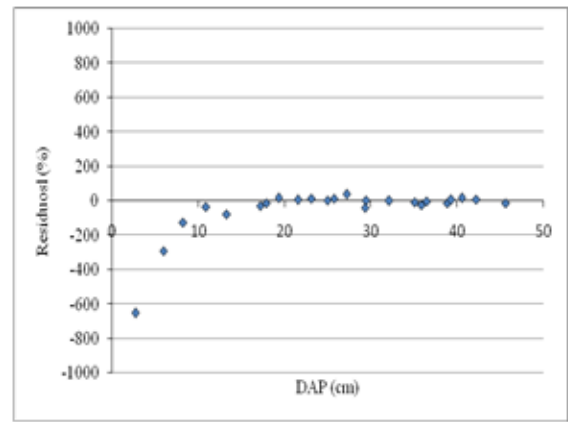
Tabela 2. Equações de melhor desempenho para estimativa da biomassa e carbono total em povoamentos de *Pinus elliottii* Eng.

	Número	EQUAÇÃO	R ² aj.	Syx%	F
Biomassa	1	$y = 0,19635 d^{2,16238}$	0,962	28,616	587,62
			3	4	59
	10	$y = 27,63326 + 0,01010 d^3$	0,949	20,413	435,45
			7	2	73
	12	$y = 0,27834 (dh)^{0,730605}$	0,973	30,270	832,93
		1	0	90	
	15	$y = 156,12867 - 70,35593 d + 9,35952 d^2 - 0,48389 d^3 + 0,01132 d^4 - 0,0000942 d^5$	0,947	18,856	84,126
			6	5	5
Carbono	1	$y = 0,08527 d^{2,16583}$	0,962	28,172	589,57
			4	4	78
	10	$y = 12,72901 + 0,00441 d^3$	0,948	20,592	423,77
			4	7	88
	12	$y = 0,12073 (dh)^{0,71627}$	0,973	29,794	854,74
		8	4	19	
	15	$y = 69,94169 - 31,46503 d + 4,16755 d^2 - 0,21458 d^3 + 0,00501 d^4 - 0,0000415 d^5$	0,946	18,965	82,401
			5	3	6

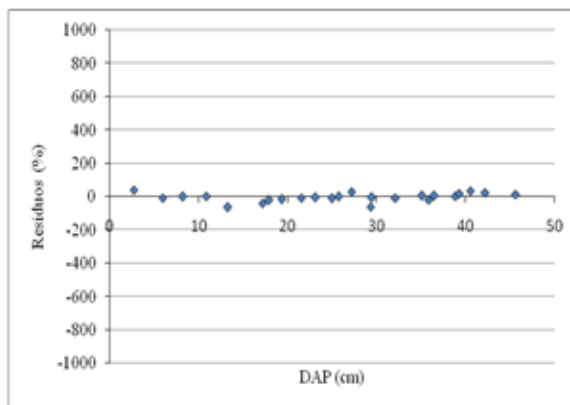
Em que: d = diâmetro a altura do peito (cm); h = altura total (m)



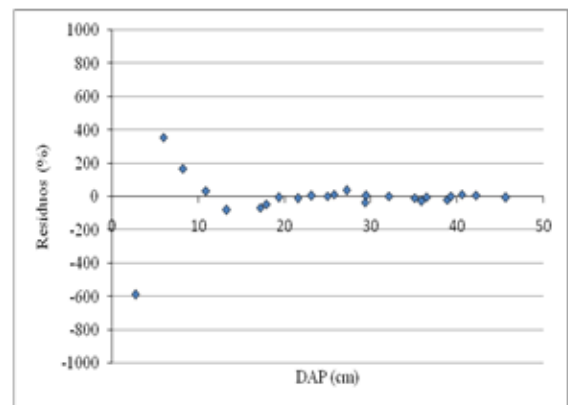
Equação 1



Equação 10



Equação 12



Equação 15

Figura 3. Distribuição dos resíduos para as equações de melhor desempenho na estimativa da biomassa total de *Pinus elliottii* Eng.

A distribuição dos resíduos das equações selecionadas (1, 10, 12 e 15) podem ser observadas nas Figuras 3 e 4, onde verifica-se que as equações logarítmicas 1 e 12 explicam de maneira satisfatória as variáveis de interesse, isentas de uma distribuição de resíduos tendenciosa.

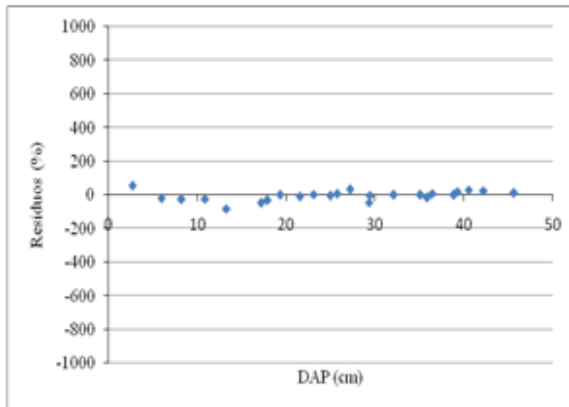
Os gráficos de resíduos das Figuras 3 e 4 referentes às equações ajustadas para biomassa e carbono total, apresentam as

equações logarítmicas que desempenharam melhor distribuição residual que as equações aritméticas, sem tendência de super ou subestimativa ao longo da linha média de regressão.

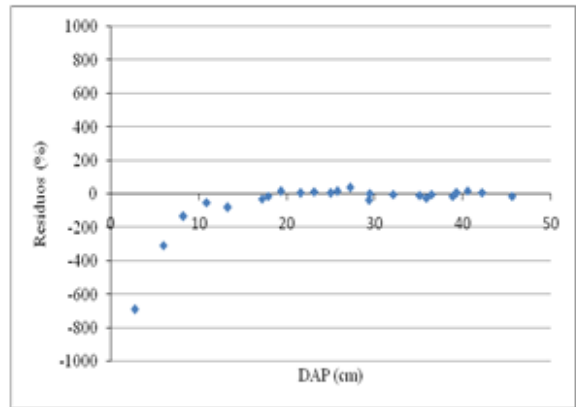
Desta forma, observa-se que, apesar dos bons resultados obtidos para o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e o erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx}\%$) das equações lineares 10 e 15, constatou-se que estes apresentaram baixa capacidade preditiva,

observado na análise gráfica dos resíduos, visto que evidenciam uma distribuição tendenciosa e não explicam

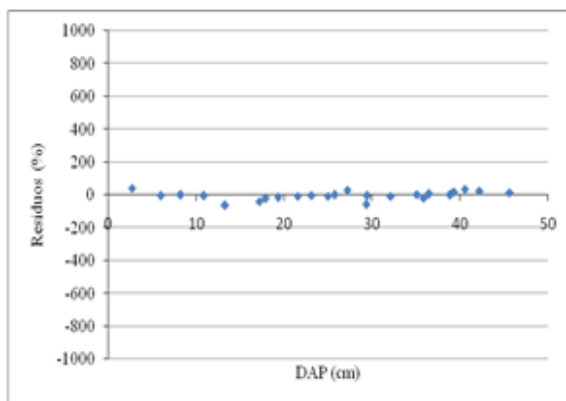
adequadamente a biomassa e o carbono total das árvores com pequenos diâmetros.



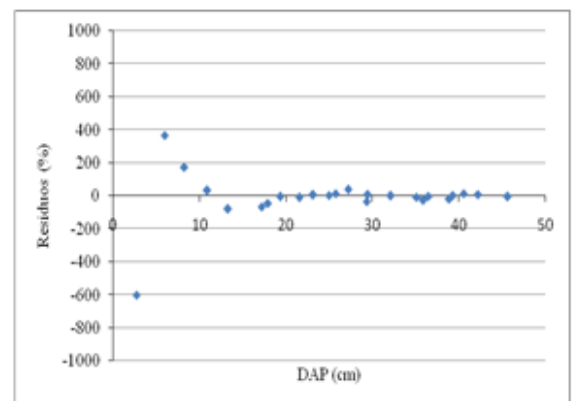
Equação 1



Equação 10



Equação 12



Equação 15

Figura 4. Distribuição dos resíduos para as equações de melhor desempenho na estimativa do carbono total de *Pinus elliottii* Eng.

Os melhores desempenhos para estimativa destas variáveis foram obtidos pelas equações 1 e 12, as quais não apresentam diferenças significativas quanto aos seus coeficientes de determinação e a análise gráfica de resíduos, entretanto, pode-se admitir a escolha da equação 1 como a mais apropriada, dada a sua maior simplicidade,

exigindo apenas uma variável independente de fácil obtenção, apresentando o menor erro padrão da estimativa percentual.

O modelo de regressão selecionado no presente trabalho vem sendo empregado por diversos autores e promovendo resultados altamente significativos (ATTIWILL, 1972; ANDRAE, 1982;

LANDSBERG, 1986; CROMER et al., 1993; SCHUMACHER, 1995; CARBONERA et al., 1997; SCHUMACHER, 1998 e CALDEIRA, 1998). E modelo vem sendo também aplicado em vários trabalhos para estimativa de biomassa em distintos componentes, como os observados por Calill (2003) e Barrichello (2003) com a espécie *Acacia mearnsii* Wild. aos seis e oito anos, respectivamente, Weber (2004) com *Cryptomeria japonica* L.f. com 28 anos, Schumacher (1998) com *Eucalyptus globulus* Labill. Martin et al. (1998) em estimativa de biomassa para dez espécies florestais nos Estados Unidos e por Kadeba (1994) para estimar distintos componentes da biomassa de *Pinus caribea* com 14 anos.

4. CONCLUSÃO

Foi possível gerar estimativas com alta precisão para povoamentos de 2 a 25 anos com a mesma equação, simplificando os procedimentos práticos de inventário de biomassa.

O diâmetro à altura do peito foi a variável independente mais adequada para a estimativa dos componentes analisados neste estudo.

Existem diferenças estatisticamente significativas do teor de carbono entre os componentes das árvores. Desta forma, não é adequada a utilização de um fator médio de conversão de peso seco para peso de carbono dos componentes das árvores de *Pinus elliottii* Eng. Portanto, a amostragem em projetos e estudos de viabilidade devem contemplar necessariamente todos os componentes;

Entre os modelos testados para a obtenção das estimativas de biomassa e peso de carbono, os ajustes mais adequados foram obtidos com o modelo $y = b_0 d^b$, que, em geral, apresentou estatística dentro de limites aceitáveis, todavia, recomenda-se sua aplicação somente dentro da amplitude de diâmetros e alturas incluídas nesta pesquisa, devendo ser considerada a variação abrangida pelos dados amostrais, sendo que o uso para outras situações e localidades com diferentes sítios implica em teste prévio de exatidão e acuidade dos mesmos;

A análise gráfica dos resíduos permitiu observar que a utilização de modelos logarítmicos foram superiores aos modelos lineares testados para o peso da biomassa nos distintos componentes;

Os estudos sobre a quantificação de biomassa visando à avaliação do potencial de fixação de carbono em plantações não

devem desprezar a determinação do sistema radicular da árvore, visto que sua contribuição para o total é expressiva e

As equações geradas para estimativa de peso total e dos componentes arbóreos da biomassa das árvores de *Pinus elliottii* Engelm. são importantes ferramentas para análises técnicas, planejamento de projetos e estudos de viabilidade visando participar do mercado de créditos de carbono.

5. REFERÊNCIAS

- ANDRAE, F. Effects of nutrient accumulation by aspen, spruce and pine on soil properties. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.46, p. 853-861, 1982.
- ATTWILL, P.M. On the cycling of elements in mature *Eucalyptus obliqua* forest. In: BOARDMAN, R. (Ed). **Australian Forest Tree Nutrition Conference**, 1972, p: 39-44. 1972 (Comm. For. Timb. Bur.).
- BARRICHELO, L.; SCHUMACHER, M.V.; CALDEIRA, M.V.W. Conteúdo de micronutrientes na biomassa de *Acacia mearnsii* De Wild. **Revista Acadêmica**. V 3, n. 2, abr./jun. 2004.
- BROWN, S.L.; SCHOEDER, P.; KERN, J.S. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. **Forest Ecology and Management**, v. 123, n. 1-3, p. 81-90, 1999.
- CALILL, F.N. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em um sistema silvopastoril na região de Tupanciretã**. 2003. 77p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- CAMPOS, M.A.A. **Balço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis***. Avaliação na safra e na safrinha. Curitiba, 1991. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná.
- CARBONERA P., J.; SCHUMACHER, M.V.; HOPPE, J.M. Produção de biomassa em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v. 21, n. 4, p. 521-526, 1997.
- CASER, R. L. **Variações genéticas e interações com locais em pinus tropicais e suas associações com parâmetros climáticos**. Piracicaba - SP, 1984. 104p. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- CROMER, R. N.; CAMERON, D.N.; RANCE, S.J. et al. Response to nutrients in *Eucalyptus grandis*. 1. Biomass accumulation. **Forest Ecol. and Manag.**, v. 62, p. 211-230, 1993.
- DIXON, R. K.; HOUGHTON, R. A.; SOLOMON, A. M.; TREXLER, M. C.; WISNIEVSKI, J. Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. **Science**, Washington, DC, v. 263, p. 185-190, 1994.
- FEARNSIDE, P.M.; GUIMARÃES, W.M. Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.80, p.35-46, 1996.

FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G. **Tecnologia de Celulose e Papel.** ESALQ/USP. Piracicaba, 1975.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira.** 2. ed. Rio de Janeiro, 274 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 2), 2012.

IPCC, (1995) – Climate Change 1995 – The Science of Climate Change – edited by J.T Houghton ; L.G. Meira Filho; B.A.Callander; N.Harris, K. Kattemberg and K. Maskell, Cambridge University Press, 1996.

KADEBA, O. Growth and nutrient accumulation by *Pinus caribea* on tree savanna sites in northern Nigeria. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 49, p. 139-147, 1994.

KETTERINGS, Q.M. et al. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting abovegroup tree biomass in mixed secondary forests. **Forest Ecology and Management**, v. 146, p. 199-209, 2001.

KOCH, B. Status and future of laser scanning, synthetic aperture radar and hyperspectral remote sensing data for forest biomass assessment. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. v. 65. n. 6. p. 581-590. 2010.

LANDSBERG, J. J. **Physiological Ecology of Forest Production.** London: . Academic Press. 1986.

MARTIN, J. G.; KLOEPPPEL, B.D.; SCHAEFER, T.L.; KIMBLER, D.L.; MCNULTY, S.O. Aboveground biomass and nitrogen allocation of ten deciduous southern Appalachian tree species. **Can. J. For. Res.**, v 28, p. 1648-1659, 1998.

PACIORNIK, N.; MACHADO FILHO, H. O. Política e instrumentos legais internacionais da Convenção das Nações Unidas sobre a mudança no clima. In: MOREIRA, A. G.; SCHWARTZMAN, S. **As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros.** 2000. p. 13-22.

PARANÁ. IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas Climáticas Básicas do Paraná.** Londrina, 1994.

REIS, M.G.F.; KIMMINS, J.P.; RESENDE, G.C.; BARROS, N.F. Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, Viçosa, v.9, p.149-162, 1985.

RENNER, R. M. **Seqüestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil.** Curitiba, 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal – UFPR. 132p.

SANQUETTA, C. R. et al. Proposta metodológica para quantificação e monitoramento do carbono estocado em florestas plantadas. In: SANQUETTA, C. R. & ZILIOOTTO, M. A. B. (Eds.) **Carbono: ciência e mercado global.** Curitiba: UFPR / ECOPLAN, p.240-265, 2004.

SEDJO, R. A. Temperature forest ecosystem in the global carbon cycle. **Ambio**, v. 21, p. 274-277, 1992.

WALKER, W. et al. **Guia de campo para estimativa de biomassa florestal e estoque de carbono.** Versão 1.0. Falmouth: Centro de Pesquisas Woods Hole, 72 p. 2011.

WEBER, C. **Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Cryptomeria japonica* (L. F.) D. Don., no município de Encruzilhada do Sul-Rio Grande do Sul.**

2004. 36 f. Relatório de Estágio
Supervisionado em Engenharia Florestal –
Universidade Federal de Santa Maria,
Santa Maria, 2004.