

Modelagem do estoque de carbono para *Mimosa scabrella* Benth. localizadas no Paraná

Modeling of carbon stock for Mimosa scabrella Benth. located in Paraná, Brazil

Francelo Mognon^[a], Felipe Scheibe Dallagnol^[b], Betina Doubrawa^[c], Lis Camila Flizikowski^[d], Carlos Roberto Sanquetta^[e]

^[a] Biólogo, doutorando pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: mognon@ufpr.br

^[b] Engenheiro florestal, mestre em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: fsdallagnol@gmail.com

^[c] Engenheira florestal, mestranda pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: betaaa_d@yahoo.com.br

^[d] Engenheira ambiental, mestre em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: lis_ambiental@hotmail.com

^[e] Engenheiro florestal, PhD., professor associado do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: sanquetta@ufpr.br

Resumo

A grande quantidade de poluentes emitidos diariamente na atmosfera tem ocasionado à intensificação dos gases de efeito estufa (GEE). Esses gases, somados ao desmatamento e às queimadas, contribuem com as alterações climáticas. A alternativa mais conhecida para combater essa mudança do clima é a fixação de carbono na biomassa florestal, seja pelo plantio de florestas, podendo ser associado com a recuperação de áreas degradadas, ou a simples conservação dos estoques existentes em florestas naturais. Essas ações são conhecidas como sequestro de carbono. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo modelar o estoque de carbono por meio de ajustes de diferentes modelos para a espécie *Mimosa scabrella* Benth., realizando também a determinação do fator de expansão de biomassa e a razão de raízes. A equação que apresentou melhor ajuste foi com base no modelo proposto por Schumacher-Hall, obtendo boas estatísticas, apresentando um R^2_{aj} de 0,991 e $S_{xy\%}$ de 10,541%. De acordo com análise realizada no presente trabalho, o FEB médio (1,41) não apresentou aumento em função da idade, seguindo uma tendência média ao longo dos anos, tendo poucas oscilações durante o período. A mesma observação pode ser feita com o R, que apresentou valor médio de 0,18. Desse modo, recomenda-se a utilização da modelagem para estimativa do estoque de carbono para a espécie *Mimosa scabrella*. Contudo, a utilização do FEB e R proporcionam estimativas confiáveis para obtenção da biomassa, podendo assim, utilizar o teor médio ponderado de carbono para a estimativa do estoque do mesmo para a espécie em questão.

Palavras-chave: Classificação de sítio. Mudanças climáticas. Gases de efeito estufa. Biomassa florestal.



Abstract

*The large amount of pollutants emitted into the atmosphere every day has led to the intensification of the greenhouse gas (GHG) emissions. These gases allied to the deforestation and forest fires contribute to climate change. The alternative to combat the climate change is carbon fixation in forest biomass, either by planting forests, which may be associated with the recovery of degraded areas, or the preservation of existing stocks in natural forests. These actions are known as carbon sequestration. In this sense, this study aimed to model the carbon stock by adjusting different models for the species *Mimosa scabrella* Benth., performing also the determination of biomass expansion factor and the ratio of roots. The equation that presented the best adjustment was based on the model proposed by Schumacher-Hall, which expressed good statistics, with an R_{aj}^2 and $S_{xy\%}$ of 0.991% and 10.541%, respectively. According to analysis conducted in this work, the BEF average (1.41) did not increase as a function of age, following an average trend over the years with a few fluctuations during the period. Same observation can be made with the R, in which average value was 0.18. Thus, it is recommended the use of modeling to estimate the carbon stock for the species *Mimosa scabrella*; however, the use of BEF and R provide reliable estimates to obtain biomass in order to use the weighted average carbon content for estimate the stock of the same species.*

Keywords: Climate change. Greenhouse gas. Forest biomass.

Introdução

Atualmente, com o aumento da densidade demográfica e a diminuição dos recursos naturais, associados ao crescimento das diversas atividades antrópicas, promoveu-se a intensificação das concentrações dos gases de efeito estufa (GEE) que, conseqüentemente, influenciam as alterações climáticas. O aumento significativo das concentrações de GEE deve-se ao fato da grande quantidade de queima de combustíveis fósseis, associada com as emissões de dióxido de carbono (CO_2) provocadas pelo desmatamento e pelas queimadas (IPCC, 2006).

De acordo com Boina (2008), o efeito estufa é um fenômeno físico que acontece naturalmente na atmosfera e que, por sua vez, é composto principalmente de oxigênio (21%) e nitrogênio (78%), sendo ainda os principais gases de efeito estufa (GEE): o vapor d' água, o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O).

Esses gases da atmosfera formam uma capa protetora que impede que o calor absorvido pela terra da radiação solar escape para o espaço exterior, conservando-o de forma a não permitir grandes variações diárias de temperatura, funcionando como um protetor solar, durante o dia, e um cobertor, durante a noite. Tal efeito gerado pela natureza não

só é benéfico, mas imprescindível para a manutenção da vida na Terra (BALBINOT et al., 2003).

No entanto, com o aumento da concentração destes gases de efeito estufa, ocasionado principalmente por atividades antrópicas, cientistas do mundo todo têm se preocupado em desenvolver estudos em busca de alternativas que minimizem a concentração destes gases. Uma alternativa já reconhecida e amplamente estudada é a fixação de carbono em florestas, visto que as florestas plantadas ou naturais são grandes sumidouros de carbono.

De acordo com Schumacher et al. (2001 apud WATZLAWICK, 2006), o sequestro de carbono proporciona a remoção do dióxido de carbono da atmosfera que ocorre por fotossíntese nos vegetais e a sua liberação no processo de respiração, sendo parte desse carbono armazenado nos diversos componentes das plantas, ficando assim fixado nela. Segundo Balbinot et al. (2003), o conceito de fixação de carbono normalmente se relaciona com a ideia de armazenar reservas de carbono em florestas e em outros tipos de vegetação como nos solos. Também promove o incremento nas reservas de carbono pelo estabelecimento de novas plantações florestais, sistemas agroflorestais e pela recuperação de áreas degradadas.

Partindo desse contexto, as florestas naturais sempre foram e continuam sendo recursos naturais essenciais para todas as sociedades, com importância primordial para disponibilizar serviços e produtos indispensáveis para o bem-estar da população. Considerando tais aspectos, destaca-se a espécie *Mimosa scabrella* Benth., conhecida popularmente como bracatinga. De acordo com Urbano (2007), trata-se de uma espécie pioneira e conhecida pelo seu potencial energético, sendo usada principalmente como lenha e carvão. Segundo o mesmo autor, é uma espécie característica das áreas de ocorrência de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, que tem um bom desenvolvimento, apresentando um crescimento rápido, além de ser resistente a geadas.

Neste sentido, a espécie *Mimosa scabrella* é alvo de muitos estudos, visto que sua matéria prima é utilizada para diversas finalidades, como construção civil, biomassa, entre outros usos, além de apresentar-se com um grande potencial em fixar carbono, contribuindo positivamente para o problema do aquecimento global. Assim, a espécie coopera para a conservação de estoque de carbono nas florestas e para redução da concentração de CO₂ na atmosfera.

Na busca de soluções para a redução de emissões de GEE, torna-se cada vez mais necessária a expansão das diferentes áreas de pesquisa, principalmente com espécies florestais nativas, possibilitando alternativas que atinjam estas metas de minimização da concentração destes gases. Assim, o presente trabalho tem como principal objetivo analisar o estoque de carbono por meio de diferentes modelos para a espécie *Mimosa scabrella*, além de realizar a determinação do fator de expansão de biomassa e a razão de raízes.

Materiais e métodos

Coleta de dados

Os dados utilizados neste estudo advêm de bracatingais localizados no sul do estado do Paraná, totalizando um conjunto de 30 árvores da espécie *Mimosa scabrella*. Essas árvores foram objeto de medições dendrométricas e quantificação de biomassa pelo método direto (SANQUETTA, 2002),

por meio de determinação de seu peso verde (fresco) em campo.

No campo, foram escolhidas árvores representativas por classes de idade e de diâmetro à altura do peito (DAP), buscando sempre selecionar indivíduos médios das condições locais. Foram medidas as circunferências à altura do peito (CAP) de cada indivíduo, utilizando-se fita métrica, as quais foram posteriormente transformadas em DAP. As árvores foram derrubadas e tiveram suas alturas totais (H) medidas com uso de trena. A idade de cada indivíduo foi determinada por contagem de anéis de crescimento e registros do ano de formação dos bracatingais.

Durante os procedimentos de determinação de biomassa em campo, cada árvore foi separada em compartimentos, compostos pelo fuste, galhos verdes e secos, folhagem e raízes, e os mesmos foram pesados em campo. Os procedimentos de determinação de biomassa fresca seguiram as recomendações do IPCC (2006). De cada compartimento obteve-se o peso verde determinado com balança mecânica com capacidade de até 100 quilos e precisão de 100g. Os compartimentos foram selecionados em porções amostrais representativas da biomassa com o objetivo de realizar as determinações de biomassa seca e os respectivos teores de carbono, em laboratório.

As amostras foram encaminhadas para laboratório e então pesadas frescas (peso verde), bem como fracionadas em tamanhos menores para favorecer a secagem em estufa, até peso constante a 75°C. As porções amostrais secas foram pesadas em balança eletrônica de precisão de 1g e os percentuais de biomassa seca de cada compartimento foram calculados com base na relação:

$$\% \text{Matéria Seca} = \frac{PS}{PV} \times 100$$

Em que:

PS = peso seco total (g);

PV = peso verde do fuste (g).

Aplicou-se a equação anterior diretamente para determinar os pesos secos totais de cada compartimento pesados frescos em campo. Dessa maneira foi estimada a biomassa de cada compartimento, assim como para o total.

Cálculo do Fator de Expansão da Biomassa e Razão de Raízes

Quando se realiza as estimativas de biomassa por meio do volume e densidade da madeira, em geral, necessita-se recorrer ao uso de fatores de expansão de biomassa (FEB) para gerar as estimativas de biomassa aérea total (JOHNSON; SHARPE, 1983; KARJALAINEN; KELLOMÄKI, 1996; WEISS et al., 2000). Neste caso, obtém-se o FEB a partir da relação entre a biomassa da parte aérea e a biomassa do fuste da árvore. Ainda, se existir a necessidade de realizar a estimativa incluindo a parte das raízes, recorre-se ao cálculo da razão de raízes (R). A razão é obtida a partir da relação entre biomassa das raízes e a biomassa aérea.

Após a estimativa da biomassa, foram realizados os cálculos para a determinação do fator de expansão de biomassa (FEB) das árvores amostradas. Para isso foi utilizada a fórmula recomendada pelo IPCC (2006), sendo:

$$FEB = \frac{P_{copa} + P_{fuste}}{P_{fuste}} = \frac{P_{aéreo}}{P_{fuste}}$$

Em que:

FEB = fator expansão da biomassa (adimensional);

P_{copa} = peso seco da copa da árvore (g);

P_{fuste} = peso seco do fuste da árvore (g);

$P_{aéreo}$ = peso seco do fuste da árvore + peso da copa da árvore (g).

Da mesma forma, foram realizados os cálculos para a determinação da razão de raízes (R) dos indivíduos estudados. Sendo calculada de acordo com a fórmula a seguir, também recomendada pelo IPCC (2006), a saber:

$$R = \frac{P_{raiz}}{P_{aéreo}}$$

Em que:

R = razão de raízes (adimensional);

$P_{aéreo}$ = peso seco da parte aérea da árvore (g);

P_{raiz} = Peso seco da raiz da árvore (g).

Análises estatísticas e ajustes de modelos matemáticos

Com os dados dendrométricos (DAP, H e idade), FEB, R e carbono total estimados para as 30 árvores da espécie *Mimosa scabrella*, foi construída uma matriz de correlação dessas variáveis, com o objetivo de identificar como tais variáveis se correlacionam. Posterior aos resultados da matriz de correlação, as variáveis foram utilizadas nos ajustes dos modelos para estimar o estoque de carbono total de cada árvore, em função das variáveis de fácil obtenção tomadas convencionalmente em inventário florestal.

Foram selecionados nove modelos matemáticos encontrados na literatura para modelagem de biomassa e de volume do fuste e esses foram modificados afim de estimar a quantidade de carbono total por árvore. Os modelos foram testados utilizando-se as seguintes variáveis: DAP, H, idade, logaritmos naturais das variáveis e algumas de suas combinações (Quadro 1).

Como critérios para selecionar os melhores modelos ajustados foram adotados a análise gráfica dos resíduos, o erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx\%}$), e o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}).

Teor médio ponderado de carbono

De posse dos resultados dos teores de carbono de cada compartimento revelados pelo analisador marca LECO, modelo C-144, foi utilizada a média ponderada dos teores de carbono resultante da cada compartimento, sendo determinado posteriormente o teor médio de carbono, conforme a equação:

$$T_{mp} = \frac{BS_{fu} \times TC_{fu} + BS_{fo} \times TC_{fo} + BS_g \times TC_g + BS_r \times TC_r}{100}$$

Em que:

T_{mp} = teor médio ponderado (%);

BS_{fu} = biomassa seca do fuste (%);

TC_{fu} = teor de carbono do fuste (%);

BS_f = biomassa seca da folhagem (%);

TC_{fo} = teor de carbono da folhagem (%);

BS_g = biomassa seca do galho (%);

TC_g = teor de carbono do galho (%);

BS_r = biomassa seca da raiz (%);

TC_r = teor de carbono da raiz (%).

Quadro 1 - Modelos testados para estimar o carbono total

Nº Modelo	Modelo para Carbono	Nome do Modelo
1	$C = bodap^{b1}$	Hush
2	$C = bo + b1dap^2h$	Spurr
3	$C = bo + (dap^2h)^{b1}$	Spurr Modificado
4	$C = bodap^{b1}h^{b2}$	Schumacher - Hall
5	$C = \frac{1}{bo + \frac{b1}{dap}}$	Decréscimo
6	$C = \frac{1}{bo + \frac{b1}{dap^2h}}$	Decréscimo com Variável Combinada
7	$C = bo(1 + b1e^{b2dap})^{b3}$	Molecular
8	$C = bo(1 + b1e^{b2dap^2h})^{b3}$	Molecular com Variável Combinada
9	$C = bo(1 + b1e^{b2ldade})^{b3}$	Molecular Modificada

Legenda: b_i = Coeficientes dos modelos.

Fonte: Dados da pesquisa.

Resultados e discussão

Teores de carbono

Após a determinação dos teores de carbono realizado em laboratório, os resultados revelaram valores médios para cada compartimento, sendo: 0,43 para o fuste, 0,48 para a folhagem, 0,44 para os galhos e 0,45 para as raízes, revelando uma média ponderada de 0,43 para a espécie *Mimosa scabrella*. Isso se constata pelo fato de que cada compartimento tem participação diferente na constituição da biomassa total, ou seja, 64,24% correspondem à biomassa do fuste, 17,4% aos galhos, 14,97% as raízes e apenas 3,39% da biomassa total representam-se as folhas. Devido a essa diferença significativa dos compartimentos na constituição da biomassa total, deve-se respeitar essa diferença na utilização do teor médio de carbono.

Segundo Mognon (2011), a utilização da média ponderada para a determinação dos teores de carbono é indicada quando se têm diferenças

percentuais entre os compartimentos estudados. A diferença dos teores de carbono existente por compartimento reforça a necessidade de lhes atribuir valores percentuais proporcionais, ou seja, compartimentos que apresentem uma maior participação em porcentagem da biomassa total, por exemplo, devem participar proporcionalmente na composição do teor médio de carbono. Dessa forma, as estimativas dos estoques de carbono minimizam os efeitos das variações percentuais dos compartimentos, reconhecendo a real participação de cada compartimento para com o total.

Estatísticas descritivas das variáveis analisadas

A Tabela 1 apresentada a seguir sumariza as estatísticas descritivas das variáveis analisadas neste estudo. Nota-se que o valor médio de FEB foi de 1,41 para as condições deste estudo, variando de 1,11 a 2,25, ou seja, não existe uma grande variabilidade nesta variável. O mesmo pode ser

Tabela 1 - Estatísticas descritivas de DAP, H, Idade, C total, FEB e R

Estatísticas	DAP (cm)	H (m)	Idade (anos)	C Total (kg)	FEB	Raiz
Média	11,22	12,71	9,2	36,39	1,41	0,18
Desvio padrão	5,59	3,67	4,64	40,41	0,25	0,06
Variância	31,23	13,44	21,54	1632,93	0,06	0,003
Mínimo	4,3	6,9	2,0	1,67	1,11	0,11
Máximo	23,0	19,55	19,0	140,57	2,25	0,34

Fonte: Dados da pesquisa.

dito em relação a R, que teve como média o valor 0,18, o qual não oscilou significativamente, de um mínimo de 0,11 até 0,34.

Estudo realizado por Silveira (2010), em Floresta Ombrófila Mista nos municípios de Presidente Nereu Ramos e Apiúna, no estado de Santa Catarina, apontou um valor médio de FEB de 2,32. O autor ainda observou que uma grande variação dos valores do fator de expansão de biomassa entre classes de DAP. Segundo o estudo, não existe um padrão para o FEB e que essa variável é influenciada não só pela biomassa em si, mas também por outros fatores.

Em termos gerais a copa representa em média cerca de 84,7% da biomassa aérea, ou seja, fuste, galhos, folhas e frutos. E que a biomassa subterrânea corresponde, em média, a 15,3% da biomassa total. Na análise de correlação entre as variáveis, não houve correlação significativa entre FEB e R com as outras variáveis, pois nas árvores estudadas as taxas permaneceram constantes em função da idade de forma que a variável que mais contribuiu para descrever o carbono total foi o DAP.

Correlação entre FEB, R, DAP, H e Idade

A Tabela 2 apresenta os resultados da matriz de correlação para as variáveis analisadas neste estudo. O coeficiente de correlação varia de -1 a +1, e quanto maior o seu valor, em módulo, maior o grau de associação entre duas variáveis. Quando o coeficiente for próximo ao valor de zero, as variáveis serão não correlatas ou não associadas entre si.

A matriz de correlação indica que a altura é variável que mais se associa ao FEB, seguida do diâmetro e da idade, as quais apresentam correlações não significativas ($p > 0,05$). Padrão semelhante é observado para a variável R. As variáveis FEB e R apresentam correlação significativa ($p < 0,05$), com coeficiente de 0,66.

Os resultados apresentados na Tabela 2 demonstram que as variáveis DAP, H e idade explicam consideravelmente as variações do carbono total. É, todavia, pertinente salientar que por existir associação também entre DAP, H e Idade, está embutida autocorrelação quando se consideram essas variáveis em conjunto na modelagem.

Tabela 2 - Matriz de correlação para as variáveis DAP, H, Idade, C total, FEB R

Variáveis	DAP (cm)	H (m)	Idade (anos)	FEB	R	C Total
DAP (cm)	1,00					
H (m)	0,88	1,00				
Idade (anos)	0,72	0,63	1,00			
FEB	-0,25	-0,53	-0,10	1,00		
R	-0,10	-0,40	-0,12	0,66	1,00	
C Total	0,98	0,85	0,73	-0,27	-0,09	1,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se ainda uma correlação não significativa entre FEB e R ($p > 0,05$), o que pode ser explicado pela necessidade de a árvore requerer, alometricamente, maior biomassa de raízes para suportar proporcionalmente uma maior proporção de copa. Assim, é de se esperar que o FEB diminua com o aumento do tamanho da árvore, tendo em vista que a área foliar não aumenta na mesma proporção do que o porte da árvore. Tal comportamento é relatado no trabalho de Magnani, Mencuccini e Grace (2000).

Já Urbano (2007) em trabalho realizado na região metropolitana de Curitiba utilizou relações alométricas para estimar biomassa e carbono da espécie *Mimosa scabrella*, tendo encontrado alto grau de correlação entre a variável dependente (biomassa) e as variáveis independentes (diâmetro à altura do peito, altura total, altura de copa, diâmetro de copa, altura do fuste) testadas para os ajustes de equações.

Modelos para estimar o carbono total

Na Tabela 3 estão os coeficientes e as grandezas estatísticas dos ajustes das equações para as estimativas do estoque de carbono para a espécie *M. scabrella*.

No Gráfico 1 pode-se observar a distribuição gráfica dos resíduos dos seis melhores conjuntos de equações testados. Percebe-se que os resíduos do ajuste da equação de Schumacher-Hall (4), obtiveram uma dispersão próxima do

eixo horizontal, mesmo com o aumento da variável DAP. Essa característica demonstra menor tendenciosidade nas estimativas dos estoques de carbono para a espécie em questão. Por fim, analisando os critérios estatísticos, pode-se observar que a equação de Schumacher-Hall (4), apresentou maior coeficiente de determinação ajustado R^2_{Aj} de 0,991 e um menor erro S_{xy} de 10,54%. Desta forma, pode-se afirmar que a equação de Schumacher-Hall (4) é a mais indicada para modelagem dos estoques de carbono total para a espécie *M. scabrella*.

As equações ajustadas neste estudo são aplicáveis para uma região onde a distribuição de diâmetro e características alométricas das árvores sejam similares às características das árvores deste estudo. Desta maneira, caso existam divergências em tratamentos silviculturais, que possam acarretar mudanças alométricas das árvores, pode existir variação nos valores apontados para FEB e R. De outra forma os valores médios de FEB e R podem ser aplicados.

De acordo com estudo realizado por Urbano (2007), em árvores de bracatingais da região metropolitana de Curitiba (PR), ajustou-se 20 modelos, sendo dois obtidos pelo processo de seleção stepwise. Nesses ajustes, o referido autor encontrou para a melhor equação de biomassa seca $R^2 = 0,960$ e $S_{yx\%} = 22,736\%$ e para as estimativas de carbono $R^2 = 0,962$ e $S_{yx\%} = 22,14\%$, ambos utilizando variáveis combinadas de diâmetro e altura.

Tabela 3 - Grandezas estatísticas de ajuste dos modelos para estimar o carbono

Modelo	b_0	b_1	b_2	b_3	R^2	R^2_{Aj}	Sxy	Sxy %
1	0,1008	2,3126	-	-	0,983	0,982	5,421	14,899
2	-0,2309	0,0152	-	-	0,990	0,990	4,134	11,361
3	0,0133	1,0143	-	-	0,990	0,990	4,125	11,337
4	0,0230	2,1183	0,7282	-	0,991*	0,991*	3,836*	10,541*
5	-0,0183	0,5745	-	-	0,948	0,946	9,379	25,775
6	-0,0033	0,3254	-	-	0,903	0,900	12,787	35,140
7	2,8659	113,5236	1,2833	0,1164	0,949	0,947	9,274	25,486
8	14,3081	9,0397	0,0283	0,0097	0,922	0,919	11,467	31,513
9	5,3833	183,7310	2,0045	0,0726	0,536	0,520	28,011	76,980

Legenda: * = Estatísticas do melhor ajuste entre os modelos testados.

Fonte: Dados da pesquisa.

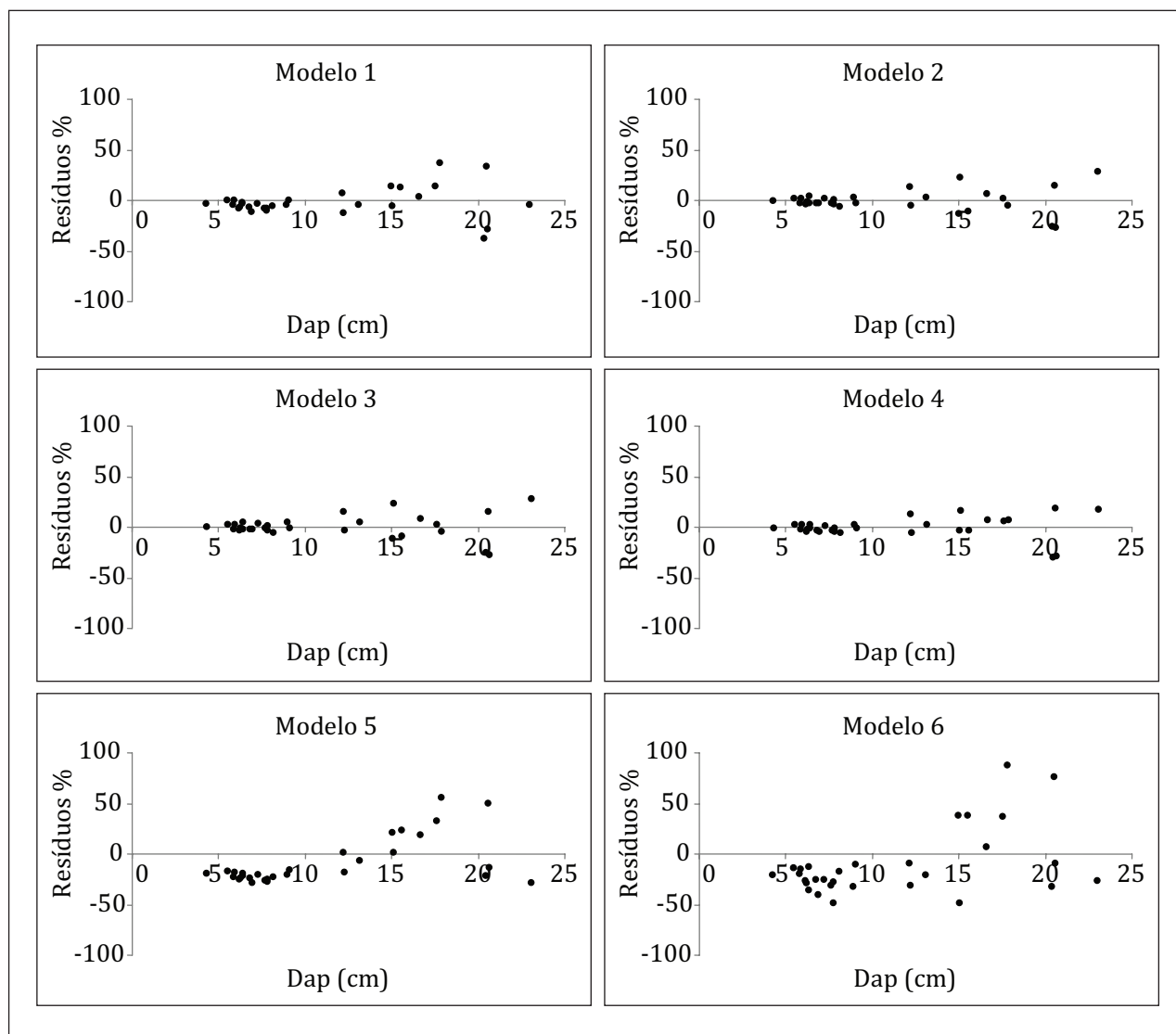


Gráfico 1 - Distribuição gráfica dos resíduos das equações ajustadas para estimativa do carbono total

Fonte: Dados da pesquisa.

Conclusões

Foi possível concluir que o DAP e a altura total foram as variáveis mais adequadas para explicar a variabilidade do peso seco da biomassa dos componentes da bracinga e, conseqüentemente, do seu estoque individual de carbono.

A variável idade também apresenta forte correlação com o estoque individual de carbono, porém pela dificuldade de sua determinação – pelo fato de requerer análise de tronco com leitura de anéis de crescimento – tal variável deve ser considerada em segundo plano na modelagem.

Os valores do FEB e R não oscilaram significativamente e não contribuíram estatisticamente para a modelagem, mas são indicativos de que existe uma tendência de aumento médio da biomassa que pode variar de 16% a 66% por ano para o FEB e crescimento entre 12% e 24% para o R.

Por fim, pode-se concluir que a equação Schumacher-Hall ajustada para estimativa do carbono total presente na espécie *M. scabrella*, pode ser utilizada para diferentes idades da espécie em questão, pois apresentou ótimas estatísticas. Porém deve-se realizar a sua validação da mesma no que concerne a modelagem dos estoques de carbono total para a espécie *M. scabrella* em diferentes regiões.

Referências

- BALBINOT, R. et al. Inventário de carbono orgânico em um plantio de *pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 1, p. 59-68, 2003.
- BOINA, A. **Quantificação de estoques de biomassa e de carbono em floresta estacional semidecidual, vale do Rio Doce**. 2008. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>>. Acesso em: 26 mar. 2011.
- JOHNSON, W. C.; SHARPE, D. M. The ratio of total to merchantable forest biomass and its application to the global carbon budget. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 13, n. 3, p. 372-383, 1983. doi:10.1139/x83-056.
- KARJALAINEN, T.; KELLOMÄKI, S. Greenhouse gas inventory for land use changes and forestry in Finland based on international guidelines. **Mitigation and Adaptation Strategies Global Change**, v. 1, n. 1, p. 51-71, 1996. doi:10.1007/BF00625615.
- MAGNANI, F.; MENCUCCINI, M.; GRACE, J. Age-related decline in stand productivity: the role of structural acclimation under hydraulic constraints. **Plant Cell & Environment**, v. 23, n. 3, p. 251-263, 2000. doi:10.1046/j.1365-3040.2000.00537.x.
- MOGNON, F. **Dinâmica do estoque de carbono como serviço ambiental prestado por um fragmento de floresta ombrófila mista montana localizada no sul do Estado do Paraná**. 2011. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B.; GOMES, F. S. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: FUPEF; Imprensa da UFPR, 2002. p. 119-140.
- SCHUMACHER, M. et al. Quantificação do carbono orgânico em floresta de *Acacia mearnsii* De Wild em diferentes idades. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2., Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2001. p. 387-399.
- SILVEIRA, P. Estimativa da biomassa e carbono acima do solo em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa utilizando o método da derivação do volume comercial. **Revista Floresta**, v. 40, n. 4, p. 789-800, 2010.
- URBANO, E. **Estimativa da biomassa aérea e do peso de carbono fixado em árvores de bracingais nativos da região metropolitana de Curitiba**. 2007. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- WATZLAWICK, L. F. Produção de biomassa arbórea e carbono orgânico em povoamento de *Araucaria angustifolia* (bert.) o.kuntze aos 24 anos no sul do Estado do Paraná. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 4, n. 2, p. 35-41, 2006.
- WEISS, P. et al. **Die Kohlenstoffbilanz des österreichischen Waldes und Betrachtungen zum Kyoto-Protokoll**. Series Die Kohlenstoffbilanz des österreichischen Waldes und Betrachtungen zum Kyoto-Protokoll. Viena: Federal Environment Agency, 2000.

Recebido: 05/09/2011

Received: 09/05/2011

Aprovado: 14/03/2013

Approved: 03/14/2013