

Modelos Alométricos Para A Estimativa Da Fitomassa De Mata Atlântica E Sua Aplicação Em Dados De Levantamentos Florestais

Déborah Moreira Burger (dmburger@ig.com.br) e Wellington Braz Carvalho Delitti Depto de Ecologia Geral do Instituto de Biociências – USP

Introdução

A biomassa constitui um importante aspecto para a caracterização estrutural dos ecossistemas. No entanto, esse aspecto raramente é mensurado, em especial para os ecossistemas florestais, devido às dificuldades inerentes a este tipo de estudo, uma vez que, além do elevado custo dos recursos necessários, requer o corte da vegetação. O conhecimento da biomassa é indispensável para estimativas de reservatórios de carbono, atualmente bastante requerido pelos estudos de mudanças globais. Devido a grande extensão territorial do Brasil, os ecossistemas brasileiros têm um papel significativo no balanço global de carbono, respondendo por 4 a 5% da emissão total de carbono para a atmosfera (SCHROEDER; WINJUM, 1995). No entanto, a precisão das estimativas de estoque e taxas de fixação de carbono dependem da estimativa adequada da biomassa de cada tipo de ecossistema. As estimativas de biomassa são feitas a partir da utilização de modelos preditores previamente desenvolvidos em estudos de medida direta (método destrutivo). No entanto, modelos específicos para os diferentes ecossistemas são desejáveis, visando minimizar o erro das estimativas de fitomassa. Os modelos preditores são elaborados a partir de análise de regressão, onde se estudam as relações entre a massa das árvores (geralmente dada em peso seco) e seus dados dimensionais, como altura e diâmetro. Esses modelos têm sido aplicados em estudos de quantificação do estoque de nutrientes, estimativa de acúmulo de matéria orgânica e potencial reservatório de carbono e determinação da taxa de crescimento da vegetação após perturbação.

Objetivo

Os objetivos deste trabalho foram: desenvolver modelos preditores para a fitomassa epigéa da Mata Atlântica, avaliar a adequação dos modelos desenvolvidos e os modelos disponíveis na literatura, tendo como padrão os dados levantados em campo, estimar a fitomassa de outra floresta atlântica a partir de dados disponíveis em levantamentos fitossociológicos.

Material E Métodos

A área de estudo situa-se a 23°55'13''S, 46°31'54''W no Parque Estadual da Serra Mar (São Vicente – SP) a uma altitude aproximada de 570m, em área destinada ao desmatamento para ampliação da Rodovia dos Imigrantes. O local apresenta relevo muito acidentado e íngreme e solos rasos. A vegetação foi classificada como Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Pluvial Tropical, segundo a classificação de Veloso et al. (1991). A vegetação era densa, com árvores atingindo os 30m de altura e estrutura vertical complexa, representando uma formação florestal secundária em bom estado de conservação. A fitomassa epigéa foi medida pelo método destrutivo (CHAPMAN, 1976) através do corte e pesagem de todas as árvores, com altura superior a 1,5 m, existentes em duas parcelas de 10m x 10m (100m²). Das árvores amostradas foram tomadas medidas de perímetro basal e de altura, após sua derrubada. A partir do perímetro foram calculados os diâmetros das árvores. As árvores foram cortadas a alguns centímetros do solo com moto-serra e o peso fresco medido com dinamômetro. De cada árvore foram separadas subamostras que consistiram de uma fatia do tronco próximo à base, uma porção de ramos e uma porção de folhas, devidamente identificados. As medidas de diâmetro foram anotadas em centímetros (cm), a altura em metros (m), e o peso seco em quilogramas (kg), unidades adotadas em todo o trabalho. Todas as subamostras recolhidas em campo foram levadas a laboratório. Foram secas em estufa a 80°C, até peso constante, para determinação do seu conteúdo de água e posterior cálculo do peso seco. A partir da informação obtida, foi estimado o peso seco total de cada árvore. Para desenvolver e validar as equações de regressão para a estimativa do peso seco da vegetação arbórea foram utilizados os dados de 82 árvores coletadas nas duas parcelas de estudo. As árvores foram separadas em duas amostras independentes. Cada amostra foi composta por 41 árvores. Uma amostra foi utilizada para o desenvolvimento das equações de regressão (amostra 1), e a outra para validar as equações desenvolvidas (amostra 2). Neste estudo foi utilizado o peso seco total (PS, kg) como variável dependente e o diâmetro (d, cm), altura (h, m), diâmetro ao quadrado vezes a altura (d²h, cm²m) como variáveis independentes. Foram elaborados diagramas de dispersão entre todas as variáveis, inicialmente originais e a seguir com a variável dependente transformada, depois com as variáveis independentes transformadas e por último transformando todas as variáveis. A análise de regressão linear simples foi aplicada às

variáveis dependentes e independentes que apresentaram uma relação linear, identificadas pela observação dos diagramas de dispersão. Concluindo o processo de modelagem, foi feita a análise de resíduos dos modelos. Numa segunda etapa, foi feita a análise de validação das equações desenvolvidas e das selecionadas da literatura. Utilizando os dados da amostra 2 aplicou-se o teste t-Student pareado para comparação das médias entre os valores reais, obtidos no levantamento de campo e os estimados pelas equações. Calculou-se, também, o coeficiente de correlação intraclasse de Pearson (r_{icc}) entre os valores reais e os estimados pelas equações. Após toda fase de modelagem e validação foram definidas as equações mais adequadas, utilizando os seguintes critérios de seleção: menores valores de erro padrão da estimativa ($s_{y/x}$), maiores valores de correlação intraclasse (r_{icc}) encontrados na validação, maiores coeficientes de determinação (r^2), maior semelhança das médias e intervalos de 95% de confiança entre os valores reais e os estimados pelas equações, segundo análise visual, uniformidade e não tendenciosidade na distribuição dos resíduos. Em todas análises foi utilizado o nível de significância de 5%. Os modelos desenvolvidos e validados foram utilizados para estimar a fitomassa do Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI), a partir dos dados de levantamentos fitossociológicos realizados em 1989 e 1994 por Gomes (1998).

Resultados e Discussão

A fitomassa epigéa da área de estudo foi estimada em 245 t.ha⁻¹. Os modelos resultantes do processo de modelagem e validação foram os seguintes: $\ln PS(kg) = -4,15190 + 1,06068 \ln(d2h)$; $\ln PS(kg) = -6,80067 + 3,77738 \ln(d)$, $\ln PS(kg) = -6,71710 + 1,30308 \ln(d2h)$. Da literatura, foram extraídos e validados para estimativa da fitomassa de mata atlântica os seguintes modelos: $\ln PS(kg) = -3,3012 + 0,9439 \ln(d2h)$ de Brown et al., 1989), $\ln PS(kg) = -3,282 + 0,950 \ln(d2h)$ de Scatena et al., 1993), $\ln PS(kg) = -3,843 + 1,035 \ln(d2h)$ de Overman et al., 1994 e $PS(kg) = -5,714 + 0,023 d2h$ de Burger, 1997 (PS representa o peso seco (kg), d o diâmetro (cm), h a altura (m) e ln o logaritmo neperiano da variável). A fitomassa do PEFI foi estimada entre 40 a 50 t.ha⁻¹ para o ano de 1989. Para o segundo levantamento, após seis anos, foi estimado um aumento da biomassa decorrente do crescimento das árvores, passando esta a variar de 55 a 70 t.ha⁻¹. Sendo uma mata em recuperação, através das diferentes equações foi possível estimar que a matéria orgânica estocada pelo estrato arbóreo variou de 3 a 4,5 t.ha⁻¹ano⁻¹, no período estudado. Esta informação permite estimar, por exemplo, que serão necessários 40 a 65 anos para que essa mata alcance uma fitomassa de 250 t/ha, considerando que as condições atuais permaneçam constantes e que os impactos já sofridos não tenham efeitos permanentes no ecossistema.

Conclusão

Os modelos desenvolvidos e validados para a estimativa da fitomassa de Mata Atlântica têm como variáveis preditoras o diâmetro e a relação entre o diâmetro e a altura (quadrado do diâmetro vezes a altura). Estes modelos forneceram boas estimativas, quando aplicados em dados de levantamentos fitossociológicos.

Referências Bibliográficas

BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, v. 35, n. 4, p. 881-902, 1989. BURGER, D.M. Fitomassa e mineralomassa da Mata Ciliar do Rio Mogi Guaçu, Itapira, SP. 1997. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. CHAPMAN, S.B. Production ecology and nutrient budgets. In: _____ *Methods in plant ecology*. Oxford: Blackwell, 1976. Cap.4, p.157-228. GOMES, E.P.C. Dinâmica do componente arbóreo de um trecho de mata em São Paulo, SP. 1998. 285 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. OVERMAN, J. P. M.; WITTE, H. J. L.; SALDARRIAGA, J. G. Evaluation of regression models for above-ground biomass determination in Amazon rainforest. *Journal of Tropical Ecology*, v. 10, p. 207-218, 1994. SCATENA, F. N.; SILVER, W.; SICCAM, T.; JOHNSON, A.; SANCHEZ, M. J. Biomass and nutrient content of the Bisley Experimental Watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, before and after Hurricane Hugo, 1989. *Biotropica*, v. 25, n. 1, p. 15-27, 1993. SCHROEDER, P. E.; WINJUM, J. K. Assessing Brazil's carbon budget: II. Biotic fluxes and net carbon balance. *Forest Ecology and Management*, v. 75, p. 87-99, 1995. VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.