

Equações para Estimar Biomassa e Volume de Madeira em Cerradões do Pantanal da Nhecolândia, MS



A quantidade e a distribuição da biomassa e do volume de madeira são aspectos importantes para o uso sustentável e para a conservação dos ecossistemas. Apesar da sua importância, estes aspectos são poucos conhecidos e estudados nas áreas de cerradão do Brasil.

Anderson & Ingram (1993) recomendam que a estimativa da biomassa em florestas nativas, com grande número de espécies, seja obtida pela estimativa da biomassa direta (amostra destrutiva) ou indireta (equação de regressão) das principais espécies que contribuam com mais que 10% da biomassa total. As demais espécies, que contribuem com menos de 10%, podem ser combinadas numa única categoria. A coleta destrutiva com a formulação de equações de regressão, a partir de variáveis facilmente medidas, é uma das técnicas mais empregadas para prever a biomassa (Hay et al., 1982) e o volume. As variáveis mais

utilizadas são: diâmetro do tronco, altura da planta e volume da copa (Tausch & Tueller, 1988). Uma vantagem desta metodologia é que depois de uma coleta destrutiva, as amostragens seguintes não são, poupando tempo, energia, dinheiro (Hay et al., 1982), e a própria vegetação a ser estimada.

O objetivo deste estudo foi desenvolver fórmulas regionais (equações de regressão) para estimar o volume de madeira e a biomassa aérea de espécies de árvores ocorrentes em cerradões do Pantanal da Nhecolândia. A metodologia é útil para estimar o volume de madeira, auxiliando na definição de um manejo florestal sustentável para os cerradões do Pantanal. Também serve para estimar a biomassa vegetal, informação importante para o monitoramento das reservas de carbono e das mudanças climáticas globais.

Obtendo as Equações

Os cerradões do Pantanal da Nhecolândia ocorrem sobre cordilheiras, áreas não inundáveis. As árvores apresentam altura média entre 7 e 12 m, algumas chegam até a 20 m. O corte das árvores foi realizado em um cerradão (19°30' S, 56°12,5' W) na fazenda Rio Negro, Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. A amostragem das árvores seguiu as recomendações de Anderson & Ingram (1993), sendo cortadas 10 árvores de cada uma das cinco espécies mais abundantes do cerradão segundo Salis (2004), abrangendo todas as classes de tamanho: almécega (*Protium heptaphyllum*), carvão-vermelho (*Diptychandra aurantiaca*), timbó (*Magonia pubescens*), capitão (*Terminalia argentea*) e cedro d'água (*Licania minutiflora*). Para representar o restante da comunidade foram cortadas, ao acaso, 11 árvores de diferentes espécies: anjelim (*Vatairea macrocarpa*), cabrito (*Rhaminidium elaeoarpum*), genciana (*Couepia grandiflora*), gonçalo (*Astronium fraxinifolium*), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*), justa-conta (*Swartzia jorori*), leiteira (*Sapium haematospermum*), marmelo (*Alibertia sessilis*), perdiz (*Simarouba versicolor*), tinge-cuia (*Agonandra brasiliensis*) e *Pouteria* sp. que foram analisadas em uma categoria com o desenvolvimento de uma única equação. Para cada árvore, foi anotado o diâmetro à altura do peito, ou seja, a 1,30 m do solo, a área ocupada pela copa, a altura do tronco até a primeira ramificação e a altura total.

Corumbá, MS
Dezembro, 2004

Autores

Suzana Maria Salis
Embrapa Pantanal
CP 109, Corumbá, MS
CEP 79320900

Marco Antonio Assis
UNESP - Rio Claro
CP 199, Rio Claro, SP
CEP 13506-900

Patrícia Povoá Mattos
Embrapa Florestas
CP 319, Colombo, PR
CEP 83411-000

Antonio Carlos S. Pião
UNESP - Rio Claro
CP 199, Rio Claro, SP
CEP 13506-900

As árvores foram cortadas com moto-serra à cerca de 10 cm do solo, separando-se tronco, galhos e folhas que foram imediatamente pesados no campo em dinamômetros. O tronco foi cortado em segmentos de um metro, sendo anotado o diâmetro em cada extremidade, para posterior estimativa do volume de madeira. Discos de 5 a 10 cm de largura foram retirados de cada segmento, como subamostras para a estimativa do peso seco de troncos e galhos. Subamostras das folhas, entre 15 a 25% do peso fresco total, foram coletadas de várias posições da copa.

Os discos do tronco secaram em temperatura ambiente por seis meses, as subamostras das folhas foram secas em estufa de ar a 60°C. A partir das subamostras foram estimados os pesos totais do tronco, galhos e folhas.

O volume de madeira (V) do tronco com casca foi calculado pela fórmula: $V = \pi H/3 (R^2 + r^2 + Rr)$, onde H = altura, R = raio maior, r = raio menor e $\pi = 3,14$.

As análises de regressão foram realizadas pelo programa Systat (Wilkinson 1998). As medidas (diâmetro, volume, peso do tronco, dos galhos, das folhas) foram utilizadas para determinar os coeficientes a e b da equação alométrica $Y = a D^b$, onde Y = peso seco ou volume e D = diâmetro. A equação foi linearizada com a aplicação de logaritmo nos termos, $\ln Y = \ln a + b \ln D$, recurso utilizado para homogeneizar a variância dos dados. Para neutralizar o erro sistemático que pode ser introduzido com a linearização (Baskerville, 1972), utilizou-se o fator de correção (FC) de Sprugel (1983) que tem a seguinte fórmula: $FC = \exp(E^2/2)$, onde E é o erro padrão da análise realizada. O fator de correção foi necessário apenas para algumas espécies (almécega, carvão-vermelho e capitão) quando ocorreu subestimação da biomassa e do volume.

A normalidade dos resíduos das regressões lineares que apresentaram valores "outlier" definidos segundo Wilkinson (1990), foi verificada em testes de simetria e curtose (g_1 e b_2), consultando-se Zar (1999) e D'Agostino & Tietjen (1971).

Quando a análise de regressão linear apresentou coeficiente de determinação (r^2) baixo (< 0,8) outros modelos foram testados (Anderson & Ingram, 1993). A seleção da melhor equação para cada caso foi baseada no exame do resíduo, no maior r^2 e no menor valor do erro padrão (Schacht et al., 1988).

Tausch & Tueller (1988) observaram que a regressão log-log tão usada para estimar biomassa e volume apresentava pouca precisão e acurácia quando comparada com a regressão não-linear, então para todas as espécies foi feita também a regressão não-linear. Quando as curvas alométricas geradas pela regressão linear e pela não linear eram semelhantes, manteve-se a regressão linear, por ser mais simples. Para aquelas espécies que a regressão linear apresentou $r^2 < 0,8$ e as curvas alométricas diferiram, foi utilizada a regressão não linear.

As Equações

Todas as análises de regressão foram significativas ($P < 0,05$) e os valores de r^2 próximos ou superiores a 0,8 (Salis, 2004). As equações para a estimativa da biomassa foliar e do galho foram as que apresentaram uma variação natural maior, o r^2 menor e o intervalo de confiança maior (maior erro padrão). Isto pode ser explicado pela variação natural no desenvolvimento das copas, resultado do sombreamento desigual, e também por diferentes estágios de maturação foliar.

Para a maioria das espécies foi encontrada uma boa relação entre o diâmetro à altura do peito e os valores de peso seco (biomassa) e de volume de madeira, exceto para o cedro' água e para o conjunto de 11 espécies. Para estas espécies foram experimentadas regressões lineares, incluindo altura das árvores e área da copa, além do diâmetro. No entanto, não houve melhora da estimativa da biomassa e do volume. Nestes casos, a regressão não-linear foi mais precisa para as estimativas.

Resultados e Considerações

A regressão linear é a maneira mais simples e precisa para se estimar a biomassa e o volume para a maioria das espécies estudadas (almécega, capitão, carvão-vermelho e timbó). Já a regressão não-linear se mostrou mais eficaz para estimar o volume e a biomassa (de tronco, galhos e folhas) naquelas espécies em que ocorreu uma dispersão maior dos pontos, como o cedro' água e o conjunto de 11 espécies.

No entanto, cabe ressaltar que a regressão não-linear, no caso do conjunto de espécies, é mais acurada para estimar a biomassa das árvores com diâmetros maiores (Tausch & Tueller, 1988), podendo subestimar a biomassa foliar nas árvores com diâmetros inferiores a 20 cm. Ou, ao contrário, pode superestimar a biomassa do tronco e do volume nas árvores menores. As equações não lineares apresentam uma melhor estimativa para as árvores com maiores diâmetros (acima de 20 cm). Na regressão linear ocorre o inverso, geralmente a curva é mais acurada para a estimativa da biomassa de árvores com diâmetros menores (menor de 20 cm).

O uso do fator de correção de Sprugel (1983), ao invés de corrigir uma subestimativa, pode superestimar a biomassa, principalmente em árvores com diâmetro acima de 30 cm (Westmann & Rogers 1977, Tausch & Tueller 1988). Este efeito ficou evidente nas curvas geradas para o timbó.

O diâmetro à altura do peito é uma medida de fácil obtenção e se mostrou excelente para a estimativa do volume de madeira e da biomassa.

Como estimar a Biomassa ou o Volume de Madeira

A fórmula $Y = a D^b$ será a utilizada para estas estimativas. Y é a variável biomassa ou volume que será estimada. D é o diâmetro da árvore, a e b são os coeficientes da equação, valores apresentados na Tabela 1.

Por exemplo, para estimar o volume de madeira de um capitão, mede-se o diâmetro na altura do peito, ou seja, a 1,30 m do solo. Supondo que o diâmetro medido seja de 20 cm (D = 20 cm) e consultando a Tabela 1, no item referente a volume de madeira

do capitão, tem-se que $a = 0,000252$ e $b = 2,113$. Substituindo estes valores na fórmula $Y = a D^b$:

$$Y = 0,000252 (20^{2,113})$$

Resolvendo a potência, entre parênteses:

$$Y = 0,000252 (561,1467)$$

Fazendo a multiplicação, o resultado é $Y = 0,1479 \text{ m}^3$

O cálculo do volume do capitão inclui multiplicação pelo fator de correção 1,0460, então $0,1479 \times 1,0460$, resulta em $0,15 \text{ m}^3$ de madeira.

Ou seja, para um capitão com 20 cm de diâmetro o volume de madeira estimado é de $0,15 \text{ m}^3$.

Tabela 1. Valores dos coeficientes (a e b) obtidos por equações de regressão para a estimativa do volume de madeira (m^3) e da biomassa total, do tronco, dos galhos e das folhas (kg) para árvores do Pantanal, com fator de correção e n = número de árvores utilizadas na regressão

Espécies	Parte estimada	a	b	Fator de correção
Almécga (<i>Protium heptaphyllum</i>) n = 10	Volume	0,000135	2,266	1,0227
	Biomassa total	0,124556	2,536	-
	Tronco	0,126818	2,150	1,0184
	Galho	0,028610	2,868	-
	Folha	0,013313	2,076	1,0697
Capitão (<i>Terminalia argentea</i>) n = 10	Volume	0,000252	2,113	1,0460
	Biomassa total	0,147342	2,409	1,0149
	Tronco	0,251578	1,984	-
	Galho	0,005736	3,195	1,1839
	Folha	0,017009	1,967	1,1915
Carvão- vermelho (<i>Diptychandra aurantiaca</i>) n = 10	Volume	0,000055	2,573	-
	Biomassa total	0,120115	2,380	1,0140
	Tronco	0,062198	2,382	1,0115
	Galho	0,036370	2,508	1,0556
	Folha	0,037291	1,575	1,1101
Cedro d' água (<i>Licania minutiflora</i>) n = 10	Volume*	0,000045	2,439	-
	Biomassa total	0,103830	2,386	-
	Tronco	0,030978	2,556	-
	Galho	0,139881	2,076	-
	Folha	0,029904	1,532	-
Timbó (<i>Magonia pubescens</i>) n = 10	Volume	0,000162	2,269	-
	Biomassa total	0,055787	2,795	-
	Tronco	0,080058	2,411	-
	Galho*	0,018836	2,937	-
	Folha	0,006751	2,342	-
Conjunto de 11 espécies n = 11	Volume	0,000495	1,899	-
	Biomassa total	0,076842	2,533	-
	Tronco	0,338897	1,836	-
	Galho	0,011298	2,905	-
	Folha	0,000078	3,756	-

* regressão com n = 9

Para estimar o volume de madeira de uma cordilheira com cerradão, deve-se medir o diâmetro de todas as árvores da cordilheira, aplicar na fórmula com os valores de a e b para cada espécie de árvore (Tabela 1). Quando a árvore não for almécga, capitão, carvão, cedro e timbó o volume poderá ser estimado usando-se os valores de a e b do conjunto de 11 espécies. O volume de madeira total da área será a soma do volume estimado para

todas as árvores. No caso da cordilheira ser grande, com mais de 10 ha, pode-se estimar o volume por amostragem, seguindo as orientações de Mattos et al. (1992).

Agradecimentos

A Conservação Internacional do Brasil e ao pessoal da Fazenda Rio Negro, pela acolhida e, ao mateiro "Senhor Baiano" pelo auxílio no campo. Aos

colegas da Embrapa Pantanal, Oslain D. Branco, Admar Rodrigues, Maciel A. Ferreira, Sebastião Murilo Maciel, Ayrtton Araújo, Haroldo L. Cunha, pela ajuda imprescindível e animada nas coletas a campo, ao Antonio A. Bueno Sobrinho, pelo zelo na conservação do material e ao Enede Toledo e Wibert Avelar, pela pesagem em laboratório.

Referências Bibliográficas

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. (eds.). **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2. ed. Oxon: CAB International, 1993. 221p.

BASKERVILLE, G. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. **Canadian Journal Forest**, v. 2, p. 49-53, 1972.

D'AGOSTINO, R. B.; TIETJEN, G. L. Simulation probability points of b_2 for small samples. **Biometrika**, v. 58, p. 669-672, 1971.

HAY, J. D.; HENRIQUES, R. P. B.; COSTA, S. R. A. Uma avaliação preliminar da possibilidade de usar equações de regressão para estimativas de biomassa na restinga. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 5, p.33-36, 1982.

MATTOS, M. M.; NEPSTAD, D.C.; VIEIRA, I.C. **Cartilha de mapeamento de área, cubagem de madeira e inventário florestal**. Belém: Convênio Embrapa/ Woods Hole Research Center e Fundação John Merck, 1992. 29p.

SALIS, S. M. **Distribuição das espécies arbóreas e estimativa da biomassa aérea em savanas florestadas, Pantanal da Nhecolândia, Estado do Mato Grosso do Sul**. Rio Claro: Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2004. 63p. Tese de Doutorado.

SCHACHT, W. H.; LONG, J. N.; MALECHEK, J. C. Above-ground production in cleared and thinned stands of Semiarid Tropical Woodland, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 23, p. 201-214, 1988.

SPRUGEL, D. G. Correcting for bias in log-transformed allometric equations. **Ecology**, v. 64, p. 209-210, 1983.

TAUSCH, R. J.; TUELLER, P. T. Comparison of regression methods for predicting singleleaf pinyon phytomass. **Great Basin Naturalist**, v. 48, p. 39-45, 1988.

WESTMANN, W. E.; ROGERS, R. W. Biomass and structure of a subtropical eucalypt forest, north Stradbroke Island. **Australian Journal of Botany**, v. 25, p. 171-191, 1977.

WILKINSON, L. **Systat: System for Statistics**. Evanston, 1990.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

Circular Técnica, 50

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Pantanal
Endereço: Rua 21 de Setembro, 1880
Caixa Postal 109
CEP 79320-900 Corumbá, MS
Fone: 67-2332430
Fax: 67-2331011
Email: sac@cpap.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2004): formato digital

Comitê de Publicações

Presidente: Aiesca Oliveira Pellegrin
Secretário-Executivo: Suzana Maria Salis
Membros: Debora Fernandes Calheiros
Marçal Henrique Amici Jorge
José Robson Bezerra Sereno
Regina Célia Rachel dos Santos

Expediente

Supervisor editorial: Suzana Maria Salis
Revisão de texto: Mirane dos Santos Costa
Tratamento das ilustrações: Regina Célia R. Santos
Editoração eletrônica: Regina Célia R. Santos
Élcio Lopes Sarath