

ESTIMATIVAS DE BIOMASSA ATRAVÉS DE VARIÁVEIS ESTRUTURAIS DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO

Vanuza Pereira Garcia da Silva¹; João Paulo Costa²; Gabriel Venâncio Pereira Mariano³; Vagner Santiago do Vale⁴.

¹Graduanda em Engenharia Florestal, UEG (garciavp@outlook.com); ²Biólogo, Me. em Produção Vegetal, UEG (joaopaulo_mc@hotmail.com); ³Graduando em Engenharia Florestal, UEG (gabrielvenancio_@outlook.com); ⁴Biólogo, Dr., Docente, Universidade Estadual de Goiás (vsvale@hotmail.com).

APRESENTADO NO V CBRA – CONGRESSO BRASILEIRO DE REFLORESTAMENTO AMBIENTAL
– 6 A 8 DE NOVEMBRO DE 2018, VITÓRIA/ES

Resumo

Biomassa é a quantidade total da matéria viva existente em um ecossistema ou numa população vegetal. O objetivo deste trabalho foi calcular a biomassa vegetal, utilizando um modelo de estimativa de biomassa para espécies pantropicais e verificar quais parâmetros são melhor relacionados com a biomassa estimada, testando-se a correlação desta com diâmetro, altura, área da copa, volume da copa e altura da 1ª ramificação. A aplicação de fórmulas gerais para aferição de biomassa, apesar de bastante úteis para macro-comparações, não são recomendadas para todos os tipos fitofisionômicos. É válido considerar que o padrão de estrutura e todos os demais componentes da árvore podem variar de um bioma para outro. Portanto, para cada um, é recomendado testar diferentes equações de estimativa para biomassa.

Palavras-chave: biomassa, modelos alométricos, estimativas, Cerrado.

Introdução

Associa-se às florestas uma série de serviços ambientais, como a proteção e recuperação da biodiversidade através da melhoria das características da paisagem e do estabelecimento de processos ecológicos e a proteção do solo e da água (ENGEL; PARROTA, 2003). Uma área de particular interesse é a capacidade das florestas em absorver dióxido de carbono atmosférico e, assim, melhorar seu papel como sumidouro de carbono (NOGUEIRA JUNIOR et al; 2014). Os sumidouros de carbono são explicados pelo processo da fotossíntese, onde as árvores absorvem CO₂ da atmosfera e armazenam carbono em sua biomassa, formando grandes reservatórios desse elemento (SILVEIRA et al; 2008). Atualmente, em função das ameaças advindas do aquecimento global, a fixação do carbono atmosférico passou também a ser apontado como importante benefício proporcionado por essas florestas (MELO; DURIGAN, 2006).

Biomassa vegetal é a massa de matéria de origem biológica, viva ou morta, de um vegetal (SILVEIRA, et al; 2008). O termo biomassa florestal significa toda a biomassa existente na floresta, ou apenas na sua fração arbórea, e, em se tratando de biomassa de origem vegetal, vem sendo empregado o termo fitomassa (SANQUETTA, 2002).

Como forma de estimativas da biomassa, uma alternativa é converter os valores de medidas biométricas em valores de biomassa, utilizando alometria (BROWN, 1997). Os métodos de estimativa de biomassa podem ser um importante indicador para monitorar o desenvolvimento de ecossistemas (NAEEM et al; 2009). Além disso, as estimativas de biomassa permitem comparações entre locais de referência e estimativas de estoques de nutrientes na árvore compartimentos do ecossistema (NOGUEIRA JUNIOR, et al; 2014).

O Cerrado é reconhecido por apresentar uma grande riqueza florística e uma alta diversidade de espécies (MENDONÇA et al., 1998). Além disso, em razão da sua extensão, ou seja, segundo maior bioma brasileiro, representa uma parcela significativa dos ecossistemas terrestres do planeta (REZENDE et al; 2006). Contudo, para a vegetação do Cerrado tais estimativas são escassas, principalmente devido à grande diversidade de espécies, à alta variabilidade existente entre indivíduos de uma mesma espécie, além da grande variação na forma do tronco e copa dos indivíduos (REIS et al., 1998).

Uma importante discussão bibliográfica com relação a quantificação de carbono e valores de biomassa, especialmente de espécies de Cerrado, refere-se aos modelos alométricos e as incertezas associadas a estes. CHAVE *et al*, (2012) descreve uma nova geração de modelos alométricos, voltados especialmente para áreas pantropicais. Os autores sugerem que a melhor equação para cálculo de biomassa verde é: $BM=0,0673 \times (DM \times DAS^2 \times H) 0.976$, sendo DM: densidade básica da madeira (g/cm^3 ou kg/m^3), DAS: diâmetro a altura de 0,3 m do solo (cm) e H: altura (m).

O objetivo deste trabalho foi calcular a biomassa vegetal, utilizando um modelo de estimativa de biomassa para espécies pantropicais e verificar quais parâmetros são melhor relacionados com esta biomassa estimada, testando-se diâmetro, altura, área da copa, volume da copa e altura da 1ª ramificação.

Material e Métodos

Áreas de estudo: O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw. A temperatura média é de 21,9°C, com umidade relativa média do ar variando de 58% a 81% e precipitação pluviométrica anual de 1.447mm, sendo que cerca de 80% das chuvas ocorrem nos meses de dezembro, janeiro e março e o restante se distribui, principalmente, nos meses de outubro, novembro e fevereiro (RUBEL; KOTTEK, 2010).

Coleta de dados: O estudo ocorreu em áreas de cerrado dispostas aleatoriamente na paisagem e as coletas foram feitas do meio para o final do período chuvoso, afim de que se coletasse folhas totalmente expandidas. Foram analisadas, quanto a seus traços funcionais, 9 espécies arbóreas de cerrado (10 indivíduos por espécie).

Seleção dos indivíduos e dos traços funcionais: Foram adotados os critérios de seleção de indivíduos e mensuração dos traços funcionais propostos em “New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide” (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). Os traços funcionais foram avaliados em indivíduos adultos que não apresentem grandes indícios de ataques por herbívoros ou patógenos.

I) Densidade de madeira: Foram coletadas amostras da madeira das espécies utilizando um trado dendrométrico de dez indivíduos por espécie. A coleta foi realizada em seções regulares dos troncos (sem ramificação ou danos), a 0,3 m do solo. As amostras foram armazenadas em um saco plástico selado até as medições no laboratório (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). A densidade de madeira foi calculada através da razão entre massa seca da amostra pelo volume fresco da amostra (CHAVE et al., 2006).

II) Arquitetura da árvore: Os mesmos indivíduos amostrados para a avaliação dos traços foliares foram utilizados para a avaliação da arquitetura das espécies. O diâmetro a 30 cm do solo (C30) do indivíduo foi medido com fita métrica e a altura do indivíduo e a altura da primeira ramificação foi mensurada utilizando-se uma vara graduada de 4 m e para árvores maiores foi utilizado um clinômetro.

A área de copa foi calculada com base no diâmetro maior de copa e no diâmetro perpendicular a este, utilizando-se uma trena. A fórmula aplicada para o cálculo foi: $0,25\pi.d1.d2$, onde d1 e d2 são os diâmetros da copa medidos nas duas direções (POORTER et al., 2006).

Também foi adquirido o volume de copa, estimando a partir da fórmula do volume de uma elipse: $(4.\pi.a2.b2.c2) / (3.2)$, onde a2 é o raio maior da copa, b2 a o raio menor da copa e c2 o tamanho da copa, que é a distância entre a altura total (Ht) e a altura da primeira ramificação (1° Ram).

As espécies amostradas foram: *Annona coriacea*, *Aspidosperma tomentosum*, *Caryocar brasiliense*, *Curatella americana*, *Hymaenea stagnocarpha*, *Qualea grandiflora*, *Maprounea guianenses*, *Diospyros burchellii*, *Emmotum nitens* e *Lafoensia pacari*.

Para o cálculo da biomassa, foi utilizado o modelo de estimativa de CHAVE et al (2014) para espécies de ambientes tropicais: $BM \text{ (biomassa verde)} = 0,0673 \times (DM \times DAS \times H^2) 0.976$. Os traços funcionais necessários foram registrados em tabela no Excel e, posteriormente, os valores de biomassa foram calculados para cada indivíduo um dos dez indivíduos das espécies amostradas. Regressões lineares entre biomassa e diâmetro, altura, área da copa, volume da copa e altura da 1° ramificação foram realizadas para aferir quais variáveis são melhores preditoras da biomassa estimada.

Resultados e Discussão

Das dez espécies avaliadas, todas apresentaram relação significativa entre a biomassa estimada e o diâmetro (D) (Tabela 1). Com exceção de *Aspidosperma tomentosum*, todas as demais apresentaram coeficiente de determinação igual ou superior a 70%, logo o modelo linear explicou grande parte da variabilidade apresentada entre o diâmetro e a biomassa estimada (Figura 1A). A altura (H) teve relação significativa com a biomassa para oito espécies, porém o coeficiente de determinação foi superior a 80% apenas para três espécies (Figura 1B), demonstrando que a altura apresenta maior variação em relação à biomassa estimada do que o diâmetro. Estas duas variáveis (diâmetro e altura) são comumente empregadas para se aferir biomassa vegetal (CHAVE et al. 2012; REZENDE et al. 2006).

Com relação a área da copa (AC), das dez espécies avaliadas seis apresentaram relação significativa com a biomassa (Figura 1C) e, também, entre volume da copa (VC) e biomassa. Assim como a altura, a três

espécies apresentaram coeficiente de determinação acima de 70% para AC x biomassa. Para a relação volume x biomassa, seis espécies apresentaram coeficiente de determinação acima de 70% (Figura 1D). Assim, o volume representa uma variável interessante a ser aferida quando se quer estimar biomassa aérea. Mesmo que a maioria dos modelos sobre biomassa não retrataram o volume da copa, para espécies de cerrado, sobretudo para aquelas com copas multicamadas e semi-globulares o volume estimado a partir da altura da árvore e a 1º ramificação devem ser eficientes na aferição da biomassa da árvore. Dependendo da espécie, mais eficiente do que a altura e até mesmo o diâmetro.

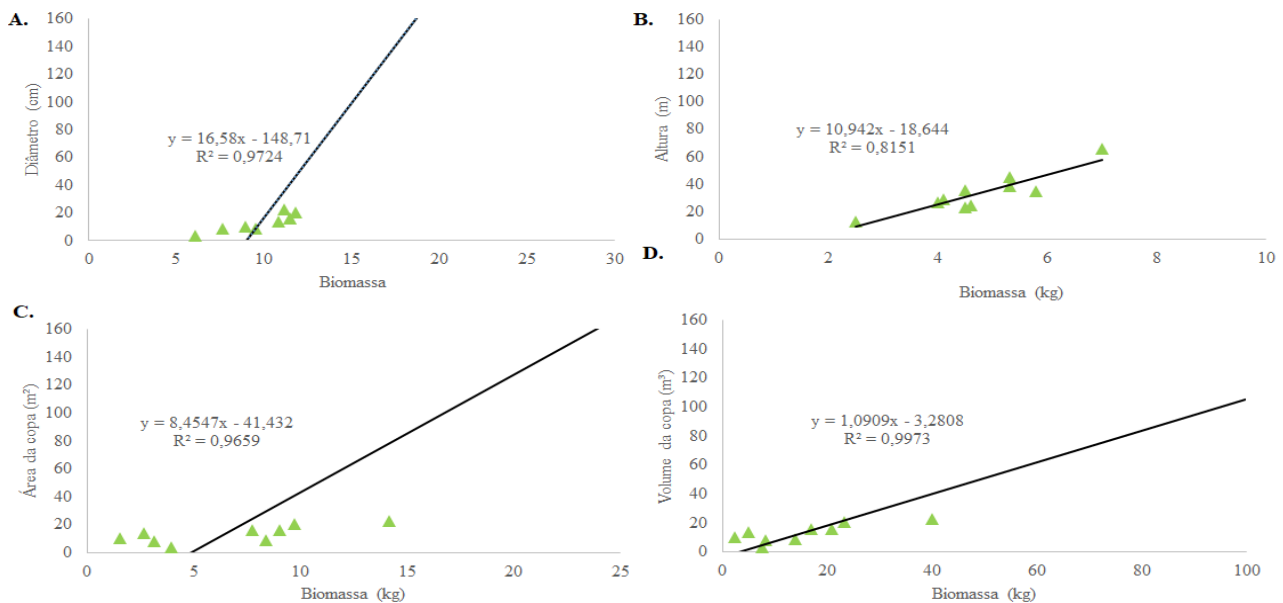


Figura 1: Gráfico de dispersão para a relação entre: A: Biomassa (kg) x Diâmetro (cm), Espécie: *Caryocar brasiliense*; B: Biomassa (kg) x Altura (m), Espécie: *Qualea grandiflora*. C: Biomassa (kg) x Área da copa (m²), Espécie: *Hymaenea stagnocarpha*. D: Biomassa (kg) x Volume da copa (m³), Espécie: *Hymaenea stagnocarpha*

Apesar de ser importante para a aferição do volume da copa das árvores, a 1º ramificação não apresentou relação significativa com a biomassa. Logo, sozinha, não é uma variável útil para se estimar biomassa para espécies arbóreas do Cerrado.

Novos estudos devem utilizar tanto a área de copa quanto o volume da copa em suas equações para aferição de biomassa, sobretudo se a espécie possuir copas com grande volume. A utilização de fórmulas gerais, apesar de bastante uteis para macro-comparações, não devem ser utilizadas para todos os tipos fitofisionômicos.

Tabela 1: Valores de p de significação, coeficiente de determinação (r²) e equação de biomassa, a partir do diâmetro, altura da árvore, área da copa e volume da copa, com as dez espécies analisadas

Espécie	BM (kg) x D (cm)			BM (kg) x Alt (m)		
	p	r ²	Eq	p	r ²	Eq
<i>Annona coriacea</i>	<0.001	0.84	BM = 2.80.D-18	<0,05	0.66	BM=12,7.H-28
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	<0.05	0.55	BM=4.80.D-27	NS	0.16	NS

<i>Caryocar brasiliense</i>	<0.001	0.93	BM=8,3.D-79	<0.05	0.49	BM=17,17.H-33,52
<i>Curatella americana</i>	<0.001	0.94	BM=6,68.D-58	<0.01	0.67	BM=24,67.H-70,53
<i>Hymaenea stignocarpa</i>	<0.001	0.97	BM=17.D-149	<0.001	0.91	BM=59,07.H-227
<i>Qualea grandiflora</i>	<0.001	0.80	BM=8.D-81	<0.01	0.82	BM=10,94.H-18,64
<i>Maprounea guianensis</i>	<0.001	0.92	BM=6,2.D-38	<0,05	0.57	BM=20,85.H-83,57
<i>Diospyros burchellii</i>	<0.001	0.87	BM=8,4.D-88	<0.01	0.57	BM=30,81.H-57,70
<i>Lafoensia pacari</i>	<0.01	0.84	BM=6,9.D-48,2	<0.01	0.92	BM=18,11.H-39

Espécie	BM (kg) x AC (m ²)			BM (kg) x VC(m ³)		
	p	r ²	Eq	p	r ²	Eq
<i>Annona coriacea</i>	<0,01	0.62	BM=6,67.D-11,29	<0.01	0.70	BM=2,59.VC-2,23
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	NS	0.24	NS	NS	0.26	NS
<i>Caryocar brasiliense</i>	NS	0.02	NS	NS	0.31	NS
<i>Curatella americana</i>	<0.001	0.82	BM=6,36.AC+0,61	<0,001	0.85	BM=1,8.VC+8,56
<i>Hymaenea stignocarpa</i>	<0.001	0.97	BM=8,45.AC-41,43	<0,001	0.99	BM=1,1.VC-3,28
<i>Qualea grandiflora</i>	NS	0.31	NS	<0,01	0.69	BM=1,24.VC+10,54
<i>Maprounea guianensis</i>	<0,01	0.61	BM=6,24.AC-11,4	<0,001	0.85	BM=1,98.VC-8,8
<i>Diospyros burchellii</i>	<0.05	0.55	BM=6,17.AC+16	<0,001	0.78	BM=2,68.VC+19
<i>Lafoensia pacari</i>	<0.001	0.88	BM=7,14.AC+0,99	<0,001	0.93	BM=0,48.VC+64,73

Conclusão

Nem todas as variáveis avaliadas apresentaram relação direta para a aferição de biomassa. Logo, as equações alométricas em espécies nativas do Cerrado, devem ser mais complexas e envolverem mais variáveis. É válido acrescentar que outras variáveis podem ser utilizadas para quantificação de biomassa, como súber e quantidade de matéria seca da árvore.

Referências Bibliográficas

BROWN, S. L. Estimating biomass and biomass change of Tropical Forests: A Primer. IN: **FAO Forestry Paper**. 134ed. Food and Agriculture Organization, 1997.

CHAVE, J. Medição da densidade da madeira em árvores tropicais – Manual do Campo. **Pan Amazonia**, 2006.

CHAVE, J.; RÉJOU-MÉCHAIN, M.; BÚRQUEZ, A.; CHIDUMAYO, E.; COLGAN, M.; DELITTI, W. B. C.; DUQUE, A.; EID, T.; FEARNside, P. M.; GOODMAN, R. C.; HENRY, M.; MARTÍNEZ-YRÍZAR, M.; MUGASHA, W. A.; MULLER-LANDAU, H. C.; MENCUCCINI, M.; NELSON, B. W.; NGOMANDA, A.; NOGUEIRA, E. M.; MALAVASSI, E. O.; PÉLISSIER, R.; PLOTON, P.; RYAN, C. M.; SALDARRIAGA, J. G.; VIEILLEDENT, G. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, v. 20, n.1, p. 3177-3190, 2012.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendência e perspectivas mundiais. IN: GANDARA, F. B.; MORAES, L. F. D.; KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; ANGEL, V. L. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. 2 ed. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2003, p. 3-25.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora vascular do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. 1 ed. Brasília: EMBRAPA, 1998, p.289-556.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, v.71, n. 1, p.149-154, 2006

NAEEM S.; BUNKER D. E.; HECTOR A.; LOREAU M.; PERRINGS C. Biodiversity, ecosystem functioning and human wellbeing: an ecological and economic perspective. 1 ed. Oxford, Oxford University Press, 2009.

NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A.; MELO, A. C. G.; RÉ, D. S. Allometric equations for estimating tree biomass in restored mixed-species Atlantic Forest stands. **Biota Neotropica**, v. 14, n.2, p. 1-9, 2014.

POORTER, L.; PAZ, S. J. W. H.; ACKERLY, D. D.; CONDIT, R.; IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; HARMS, K. E.; LICONA, J. C.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; MAZER, S. J.; MULLER-LANDAU, H. C.; PENA-CLAROS, M.; WEEB, C. O.; WRIGHT, I. J. Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five Neotropical forests. *Ecological Society of America*, v. 89, n. 7, pg. 1908-1920, 2006.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAZ, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, S.; POORTER, H.; JAUREGUIBERRY, P.; BRET-HARTE, M. S.; CORNWELF, W. K.; CRAINE, J. M.; GURVICH, D. E.; URCELAY, C.; VENEKLAAS, E. J.; REICH, P. B.; L. POORTER; WRIGHT, I. J.; RAY, P.; ENRICO, L.; PAUSAS, J. G.; VOS, A. C.; BUCHMANN, N.; FUNES, G.; QUÉTIER, F.; HODGSON, J. G.; THOMPSON, K.; MORGAN, H. D.; TER STEEGE, H.; van der HEIJDEN, M. G. A.; SACK, L.; BLONDER, B.; POSCHLOD, P.; VAIERETTI, M. V.; CONTI, G.; STAVER, A. C.; AQUINO, S.; CORNELISSEN, J. H. C. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 61, n. 3, p. 167-234, 2013.

REIS, A. E.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G. Modelos de razão para estimar a biomassa de árvores individuais da floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia brasileira. *Revista Árvore*, Viçosa, v.22, n.2, p.163-177, 1998.

REZENDE, A. V.; VALE, A. T.; SANQUETTA, C. R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FELFILI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, n.71, v.1, p.65-76, 2006.

RUBEL, F.; KOTEK, M. Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 19, n. 2, p. 135-141, 2010.

SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. IN: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B.; GOMES, F. S. **As florestas e o carbono**. 1 ed. Curitiba: Editora dos Autores, 2002, p. 119-140.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Revista Floresta**, v. 38, n.1, p. 185-206, 2008.

