

Estimativas de biomassa para plantas de bambu do gênero *Guadua*

Francelo Mognon¹, Ana Paula Dalla Corte², Carlos Roberto Sanquetta³,
Tauane Garcia Barreto⁴, Jaime Wojciechowski⁵

<http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461060003>

RESUMO

Este trabalho objetivou ajustar equações para estimar a biomassa total de plantas de bambu, do gênero *Guadua*, bem como comparar o ajuste de equações por regressão linear com a técnica de mineração de dados. Foram utilizados 38 colmos de bambu, nos quais foram mensuradas as variáveis diâmetro à altura do peito (*dap*), diâmetro do colo do colmo e altura do colmo, seguido da determinação de massa total por método destrutivo. A biomassa determinada em 25 colmos foi utilizada para ajuste de equações pelo método dos mínimos quadrados e 13 colmos serviram para a validação da melhor equação. As frações de biomassa por compartimento diferem significativamente ($p < 0,05$) entre si. A maior fração da biomassa corresponde ao colmo, representando 69,2% do total, seguida pela dos rizomas, dos galhos e da folhagem, com 15,7; 10,8 e 4,2%, respectivamente. A melhor equação ajustada para estimar a biomassa total apresentou coeficiente de determinação de 0,93 e erro padrão da estimativa de 15%. Já a técnica de mineração de dados apresentou coeficiente de determinação de 0,81, com erro padrão de 23,8%. Pode-se estimar acuradamente a biomassa de *Guadua* por regressão linear e por mineração dos dados. Neste trabalho, o método de regressão apresentou melhor desempenho. A limitação de dados pode ser o fator determinante para o pior desempenho da técnica de mineração de dados, pois requer uma massa de dados mais ampla para funcionar satisfatoriamente.

Palavras-chave: *Poaceae*, biomassa, correlação, regressão linear, mineração de dados.

ABSTRACT

Biomass estimation for *Guadua* bamboo plants

The objective of this work was to fit equations for total biomass of *Guadua* bamboo plants and to compare adjustment of equations by linear regression with data mining technique. Thirty-eight culms of bamboo were used, in which the following variables were measured: diameter at breast height, stem diameter, stem and its height. The stems were felled and weighed by using the destructive method. The actual biomass of 25 stems was used to fit the equations by the least squares method and 13 stems were used for the validation of the best equation. The fractions of biomass per compartment differ significantly ($p < 0.05$) among each other. The largest fraction of the biomass corresponds to the stem, representing 69.2% of the total, followed by rhizomes, leaves and branches, with 15.7, 10.8 and 4.2%, respectively. The best fitted equation for total biomass showed a correlation coefficient of 0.93 and standard error of estimate of 15%. On the other hand, the data mining technique showed a correlation coefficient of

Recebido para publicação em 01/07/2013 e aprovado em 18/03/2014.

¹Este trabalho é parte de projeto de pesquisa coordenado pelo terceiro autor/CENPES-PETROBRÁS.

²Biólogo, Mestre. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Rua Professor Lothário Meissner, 900, 80.210-170, Curitiba, Paraná, Brasil. mognon@ufpr.br

³Engenheira Florestal, Doutora. Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, rua Professor Lothário Meissner, 900, 80.210-170, Curitiba, Paraná, Brasil. anapaulacorte@gmail.com (Autor para correspondência).

⁴Engenheiro Florestal, Doutor. Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, rua Professor Lothário Meissner, 900, 80.210-170, Curitiba, Paraná, Brasil. sanquetta@ufpr.br

⁵Bióloga. Universidade Federal do Paraná, Rua Professor Lothário Meissner, 900, 80.210-170, Curitiba, Paraná, Brasil. tauanebiologia@gmail.com

⁶Matemático, Mestre. Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, rua Professor, Lothário Meissner, 900, 80.210-170, Curitiba, Paraná, Brasil. jaimewo@gmail.com

0.81, with a standard error of 23.8%. Biomass of *Guadua* bamboo can be accurately estimated either by linear regression or data mining. In this work, the regression method performed better. Data limitations can be the key factor for the poor performance of data mining technique since once it requires a larger data set to function satisfactorily.

Key words: biomass, correlation, data mining, linear regression, *Poaceae*.

INTRODUÇÃO

Os bambus são plantas de rápido crescimento, representando um recurso natural renovável e de alto rendimento. Na América Latina, os bambus ocupam 10 milhões de hectares, ou 28% da área total de bambus, no mundo. Conforme Chaowana (2013), existem cerca de 270 espécies de bambus, distribuídas em 18 gêneros. Dentre essas, a mais conhecida é *Guadua* spp., caracterizada por grandes dimensões do colmo, sendo muito utilizada em construções e indústrias.

No Brasil, *Guadua* apresenta importância social, econômica e cultural. Destacam-se *Guadua angustifolia* Kunth e *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & P. M. Peterson, que são bambus lenhosos, de colmos robustos, presença de espinhos nas gemas, com faixas brancas na região dos nós e folhas caulinares de formato triangular. Seus colmos podem atingir de 20 a 30 m de altura e diâmetro variando de 20 a 25 cm (Pereira & Beraldo, 2007; Lindholm & Palm, 2007).

Há diversas aplicações e usos para o bambu, sendo muitos os setores desenvolvidos no país para sua utilização, como os de papel e celulose, construção, varas de pescar, móveis, artesanato, laminação e outros. Esses transformadores estão inseridos na cadeia produtiva do bambu (Manhães, 2008). Dentre esses, um que merece destaque é produção de energia a partir de sua biomassa.

Estimativas de biomassa podem ser realizadas, utilizando-se métodos diretos e indiretos. Dentre os indiretos, destaca-se a regressão linear, técnica utilizada para a construção de equações, a partir dos modelos matemáticos. Permite analisar a relação entre duas ou mais variáveis e tem por objetivo estimar variáveis de difícil obtenção, em função de variáveis de fácil obtenção (Sanquetta, 2009). Outra técnica utilizada no método indireto é a Mineração de Dados (Data Mining), que tem como objetivo a descoberta de informações úteis num conjunto de dados (Tan, 2009). Esta técnica, utilizada em algoritmos de aprendizagem, cujas métricas podem ser encontradas em Aha (1991) e Bradzil (2003), já é difundida em várias áreas e aplicações. Contudo, seu potencial ainda foi pouco explorado para estimativas na área florestal (Sanquetta *et al.*, 2013).

Por isso, o objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição da biomassa e ajustar equações para estimar biomassa total de plantas de bambu do gênero *Guadua*, bem como comparar o método de ajuste de equação por regressão linear com a técnica de mineração de dados.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, foram utilizados dados de duas espécies do gênero *Guadua*, coletados em duas regiões. Os colmos adultos de *G. chacoensis* foram coletados no Parque Nacional do Iguaçu, sudoeste do Estado do Paraná. Já *G. angustifolia* foi estudada em touceiras plantadas na Área Experimental Agrícola da UNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, no Campus de Bauru, Estado de São Paulo.

As touceiras de *G. angustifolia* ainda não estavam totalmente formadas, apresentando colmos jovens, com menores dimensões biométricas e, conseqüentemente, menores biomassas. Por outro lado, as touceiras de *G. chacoensis* estavam em condições naturais já estabelecidas, não apresentando amplitude biométrica das dimensões de seus colmos, uma vez que, ao contrário de árvores, os bambus não apresentam meristema secundário (Chaowana, 2013). Ressalta-se, também, que o período da coleta de dados deste estudo com a espécie *G. chacoensis* coincidiu com o término de seu ciclo de vida. Cabe destacar que os bambus (*Poaceae*) são vegetais semelparos, ou melhor, seu ciclo de vida termina com a morte dos indivíduos, após a frutificação maciça e em eficiente sincronia, sendo esse período variado por espécie, podendo variar de três a 120 anos (Liebsch & Reginato, 2009).

Assim, neste estudo, foram avaliadas as biomassas de 38 colmos de bambus do gênero *Guadua*, e a unificação desses dados teve como objetivo ampliar a variabilidade biométrica, proporcionando um conjunto maior de dados. Para o ajuste das equações de biomassa, foram utilizados 25 colmos com suas respectivas biomassas totais. Após a seleção das melhores equações ajustadas, para as estimativas da biomassa total do gênero *Guadua*, procedeu-se à validação das equações selecionadas. Foram separados, aleatoriamente, dentro

do banco de dados, 13 colmos, retirados antes do ajuste das equações, ou seja, são dados independentes.

Os colmos foram mensurados, sendo coletadas as variáveis diâmetro à altura do peito (*dap*) e diâmetro no colo do colmo (*dcolo*). Posteriormente, realizou-se a derrubada desses colmos e a mensuração de sua altura (*h*), bem como suas pesagens, empregando-se o método destrutivo. Nas pesagens, foi utilizado o método de simples separação (Sanquetta, 2002), considerando-se os seguintes compartimentos da biomassa verde: colmo, galhos, folhagem (folhas e sementes) e rizomas. Todo o material foi pesado com balança analógica.

Amostras de 500g da matéria verde de cada compartimento foram retiradas para determinações de laboratório. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e encaminhadas para o laboratório, para posterior secagem, em estufa (70 °C), até atingir peso constante, visando à obtenção da matéria seca total e por compartimentos. A participação de cada compartimento na biomassa total, foi avaliada por meio da análise de variância e do teste F, bem como, a comparação das médias, por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Foram realizadas análises de correlação de Pearson, entre as variáveis mensuradas nas plantas, com a matéria seca, considerando-se todos os compartimentos em separado e a biomassa total.

Modelos matemáticos, conforme descrito na Tabela 1, foram ajustados para estimativas de biomassa total, por meio de regressão linear, utilizando-se, para tanto, os softwares *Microsoft Excel* e *Statistica 7*. O método dos mínimos quadrados (MMQ) foi aplicado com objetivo de minimizar a soma dos quadrados dos erros. De acordo com Sanquetta *et al.* (2009), a qualidade da equação ajustada é avaliada por meio dos indicadores de ajuste ou parâmetros de comparação, os quais mostram o quanto as variáveis estão relacionadas e qual o erro existente ao se estimarem parâmetros, utilizando-se o modelo ajustado.

Tabela 1. Modelos de regressão utilizados para estimação da biomassa seca total (*ps*) em função da altura do colmo (*h*), diâmetro à altura do peito (*dap*) e diâmetro do colo (*dcolo*) de bambu do gênero *Guadua*

Nº	Modelo
1	$ps = \beta_0 + \beta_1 h$
2	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap$
3	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap^2$
4	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap * h^2$
5	$ps = \beta_0 + \beta_1 dap + \beta_2 h$
6	$ps = \beta_0 + \beta_1 dcolo + \beta_2 dap^2 + \beta_3 (dap * h^2)$
7	$ln ps = \beta_0 + \beta_1 ln h$
8	$ln ps = \beta_0 + \beta_1 ln dap$
9	$ln ps = \beta_0 + \beta_1 ln dcolo + \beta_2 ln dap^2 + \beta_3 ln (dap * h^2)$
10	$ps = \beta_0 + (\beta_1 dap^{0.5}) * ln dap$

tado. Desta forma, o desempenho das equações foi avaliado pelas estatísticas coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado) e erro padrão da estimativa, em porcentagem ($S_{yx\%}$), bem como pela análise gráfica dos resíduos.

Além do procedimento clássico, empregado para ajuste de equações, por meio da regressão linear, utilizou-se também a técnica de mineração de dados, conhecida como Classificação Baseada em Instância (Aha, 1991). O termo “instância”, nesta técnica, representa uma determinada linha na base de dados que, no caso deste trabalho, são os colmos de bambu com suas dimensões (*dap*, *dcolo* e *h*).

Esta técnica utiliza as próprias instâncias da base de dados para fazer estimativas de novos casos. A Classificação Baseada em Instância fundamenta-se na premissa de que instâncias, cujos vetores, formados por suas dimensões, são próximos, tendem a pertencer a uma mesma classe. Esta proximidade pode ser medida por meio da distância entre os vetores formados pelas variáveis independentes, relacionadas com o objeto de estudo.

Para o cálculo da distância entre os vetores, foi utilizada a fórmula da Distância Euclidiana, conforme equação 1:

$$d(p, q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que: p_i e q_i : medidas de dois colmos de bambu quaisquer.

No presente caso, aplicou-se a fórmula às dimensões diâmetro à altura do peito (*dap*), diâmetro do colo do colmo (*dcolo*) e altura do colmo, equação 2:

$$d(p, q) = \sqrt{(dap_p - dap_q)^2 + (dcolo_p - dcolo_q)^2 + (h_p - h_q)^2} \quad (\text{Eq. 2})$$

em que: dap_p : diâmetro do colmo p ; dap_q : diâmetro do colmo q ; $dcolo_p$: diâmetro do colo do colmo p ; $dcolo_q$: diâmetro do colo do colmo q ; h_p : altura do colmo p ; h_q : altura do colmo q .

O método utiliza a técnica conhecida como validação cruzada (*Cross-validation*), em que cada instância é comparada às demais da amostra, sendo selecionada a instância com menor distância. No caso em questão, a estimativa de biomassa (*ps*) para a referida instância será a instância cuja distância tenha o menor valor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da estatística descritiva referentes aos diâmetros à altura do peito (*dap*), aos diâmetros do colo do colmo (*dcolo*) e às alturas dos colmos (*h*) podem ser observados na Tabela 2. Verificou-se que as variáveis

biométricas de fácil medição (*dap* e *dcolo*) correlacionaram-se de forma direta entre si (0,99), enquanto a variável altura do colmo apresentou forte correlação direta com as variáveis de diâmetro (0,89). Quanto à correlação entre a variável biomassa total e as variáveis diamétricas, esta se mostrou forte e direta (0,90), assim como foi forte e direta a correlação entre altura do colmo e a biomassa total (0,94). As relações das variáveis em questão podem ser também apreciadas por meio da Figura 1, bem como as demais correlações entre as variáveis de biomassa por compartimentos podem ser observadas na Tabela 3.

As frações de biomassa por compartimento diferem significativamente ($p < 0,05$) entre si, e a maior fração é representada pela biomassa do compartimento colmo, em média 69,2% da biomassa total, seguida pela dos rizomas, galhos e folhagem, com 15,7; 10,8 e 4,2%, respectivamente.

Estudos de quantificação de biomassa, em *G. angustifolia*, realizados por Marínet *et al.* (2011), revelaram 82% da biomassa aérea alocada nos colmos, 14% no compartimento dos galhos e 4% nas folhas. Esses resultados são similares aos deste estudo, considerando-se que os autores citados previamente não avaliaram a biomassa subterrânea.

Segundo Marenco & Lopes (2005), a maioria das espécies de bambu aloca a maior parte de seus assimilados na parte aérea. Em plantas de *Yashania alpinia*, aos três anos de idade, a distribuição de biomassa foi da ordem de 80, 13 e 5%, respectivamente, para colmo, raízes e folhas (Embaye *et al.*, 2005), sendo esses resultados análogos aos deste estudo.

Os ajustes das equações, pelo método da regressão linear, para as estimativas de biomassa total de plantas de bambu do gênero *Guadua*, foram satisfatórios, apresentando coeficiente de determinação de 0,93 e erro padrão da estimativa de 15%, para as equações 6 e 9. Torezan & Silveira (2000), em trabalho desenvolvido com *Guadua weberbaueri* Pilger, utilizaram *dap* e al-

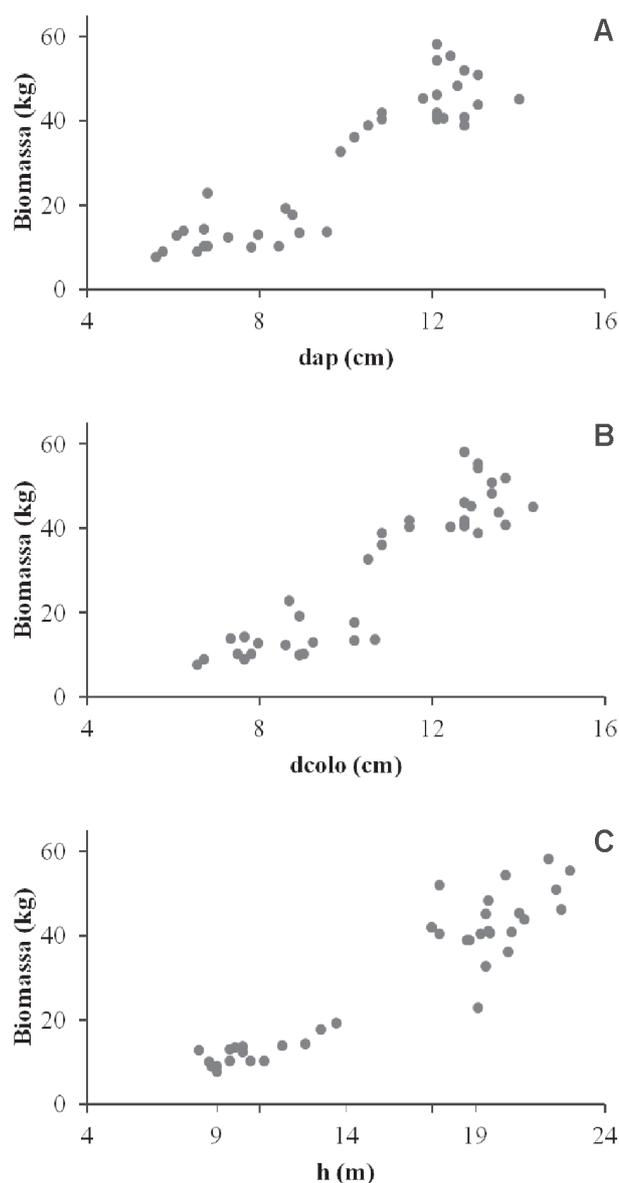


Figura 1. Representação gráfica da relação entre as variáveis biométricas e biomassa para o gênero *Guadua*: (a) Biomassa x diâmetro à altura do peito *dap*; (b) Biomassa x diâmetro do colo (*dcolo*); (c) Biomassa x altura de planta (*h*).

Tabela 2. Estatísticas descritivas das variáveis, diâmetro à altura do peito (*dap*), diâmetro do colo (*dcolo*) e altura do colmo de bambu do gênero *Guadua*

Estatística	Variáveis biométricas do colmo		
	<i>dap</i> (cm)	<i>dcolo</i> (cm)	<i>h</i> (m)
Mínimo	5,6	6,5	8,3
Média	9,9	10,8	15,7
Máximo	14,0	14,3	22,6
Desvio padrão	2,61	2,38	4,99
Variância	6,81	5,67	24,93
Coefficiente de Variação (%)	26,35	22,15	31,71
Curtose	-1,45	-1,38	-1,64
Assimetria	0,25	0,26	0,27
N° de colmos amostrados	38	38	38

tura do colmo para estimativa de biomassa, encontrando coeficiente de determinação de 0,74, considerado satisfatório para estimativa da biomassa nessa espécie nativa da região amazônica. Os autores utilizaram uma equação em função apenas de *dap*, considerada mais satisfatória, com coeficiente de determinação de 0,75. Os autores notaram pouca diferença em termos de estimativa com outros modelos, ao analisar o erro padrão da estimativa e a distribuição gráfica dos resíduos dos ajustes. Ao ajustar uma equação polinomial do 3º grau, levando em conta a variável *dap*, encontraram um valor de coeficiente de determinação de 0,81, ou seja, aparentemente, um ajuste melhor. Entretanto, segundo os autores, deve-se tomar cuidado com ajustes com modelos polinomiais, pois eles não apresentam concretamente a relação alométrica entre as variáveis peso e diâmetro.

A Figura 2 apresenta a distribuição gráfica dos resíduos dos melhores ajustes para a biomassa total, para o gênero *Guadua*. Observa-se que, de forma geral, a distribuição gráfica de resíduos foi razoável para as duas

melhores equações, com vantagem, na sua distribuição dos resíduos, para a equação 9, apresentando variação dos resíduos de -24,3 a 24,59%, enquanto a equação 6 variou de -32,91 a 23,02%. Contudo, as duas melhores equações foram validadas, uma vez que os dados externos aos utilizados para o ajuste de ambas as equações aderiram-se mais a elas, apresentando um valor de Qui-quadrado calculado de 6,5, para a equação 6, e de 5,4, para a equação 9, valores estes inferiores ao valor tabelado, que é de 21,0, para 95% de probabilidade com 12 graus de liberdade. Ainda, em relação às estatísticas da validação, foi observado que estas apresentaram coeficiente de determinação de 0,92, com erro padrão de 15,9%, para a equação 6, e coeficiente de 0,93, com erro padrão de 4,3%, para a equação 9. Desta forma, observa-se que a equação 9, ($lnps = -3,05431 + 1,79888 ln dcolo - 0,54992 ln dap^2 + 0,5093 ln(dap * h^2)$), foi a melhor para estimar a biomassa total das plantas de bambu do gênero *Guadua* deste estudo.

Já os indicadores de ajuste resultantes da técnica de mineração de dados revelaram um coeficiente de

Tabela 3. Valores estimados do coeficiente de correlação entre as variáveis biométricas e biomassa dos compartimentos de bambu para o gênero *Guadua*

Variáveis biométricas do colmo e biomassa									
	<i>dap</i>	<i>dcolo</i>	<i>ht</i>	Biomassa					
				Colmo	Folhagem	Rizoma	Galhos	Total	
<i>dap</i>	1								
<i>dcolo</i>	0,987	1							
<i>ht</i>	0,815	0,809	1						
Biomassa	Colmo	0,899	0,894	0,937	1				
	Folhagem	0,582	0,609	0,477	0,530	1			
	Rizoma	0,809	0,808	0,752	0,853	0,601	1		
	Galhos	0,772	0,758	0,878	0,883	0,278 ^{ns}	0,722	1	
	Total	0,901	0,896	0,935	0,997	0,540	0,879	0,900	1

dap = diâmetro a altura do peito (1,30m), *dcolo* = diâmetro a altura do colo, *ht* = altura total.

ns = não significativo $p \geq 0,05$.

Tabela 4. Valores estimados para os parâmetros dos modelos de regressão, coeficiente de determinação ajustado (R^2) e erro padrão (Syx) no ajuste de equações de biomassa seca total para o gênero *Guadua*

Coeficientes e estatísticas de ajuste						
Modelo	β_0	β_1	β_2	β_3	R^2 ajustado	$Syx\%$
1	-19,27046	3,15377			0,87	19,71
2	-28,09540	5,90368			0,83	22,50
3	-1,70418	0,30633			0,84	22,39
4	6,96230	0,00776			0,92	15,82
5	-27,53382	2,80989	1,91081		0,93	14,99
6	-11,85758	2,73159	-0,05311	0,00611	0,93	15,01
7	0,62186	0,35049			0,86	20,50
8	-1,66543	2,16569			0,83	22,71
9	-1,14975	0,12221	-0,34995	0,60524	0,93	15,11
10	-30,53017	8,51517			0,83	22,78

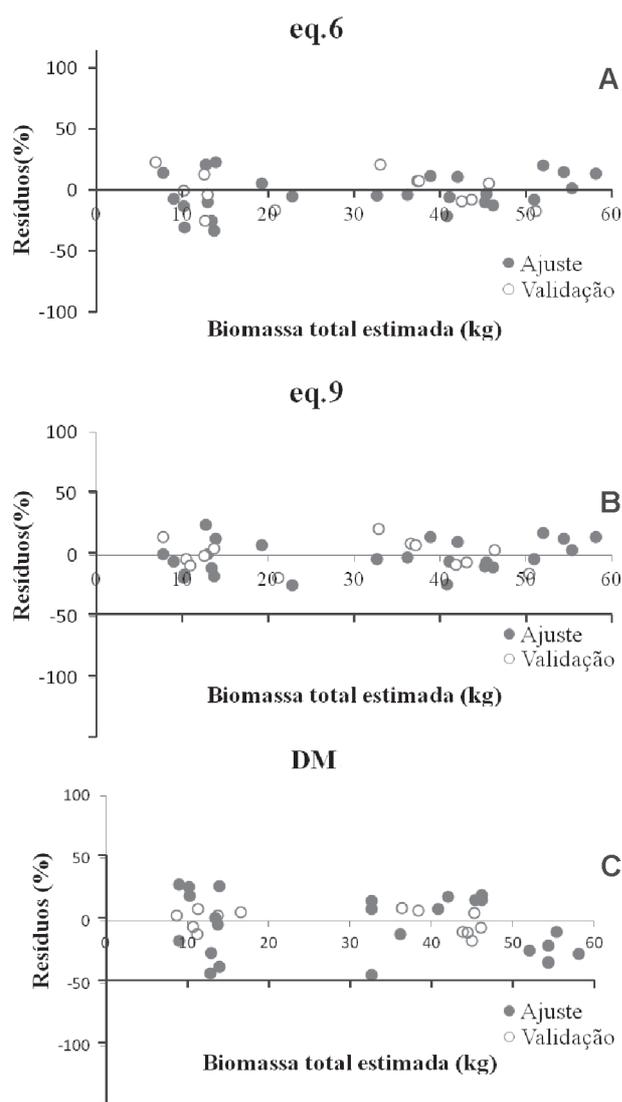


Figura 2. Distribuição gráfica dos resíduos das melhores equações ajustadas para biomassa total para o gênero *Guadua*: (A) eq. 6; (B) eq. 9; (C) DM.

determinação ajustado de 0,81, com erro padrão da estimativa de 23,8%, valores estes menos satisfatórios que os obtidos pelo método de regressão linear aplicado no mesmo conjunto de dados. No entanto, é pertinente salientar que a técnica de mineração de dados apresenta um melhor desempenho, quando aplicada em um conjunto maior de dados, uma vez que, aplicada para os 38 colmos de bambu, apresentou coeficiente de determinação de 0,91, com erro padrão de 16,4%. Disto se deduz que o tamanho da base de dados é chave na obtenção de bons ajustes com a técnica de mineração de dados.

Avaliando-se os dois métodos, pode-se observar (Figura 3) que a tendência dos valores estimados pela regressão linear, equação 9 (melhor desempenho), e pela técnica de mineração de dados, é semelhante e os res-

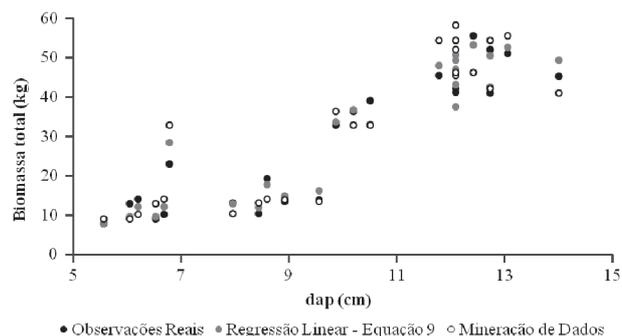


Figura 3. Distribuição gráfica dos resíduos, em função da melhor equação ajustada para biomassa total por meio da regressão linear e pela técnica de mineração de dados para o gênero *Guadua*.

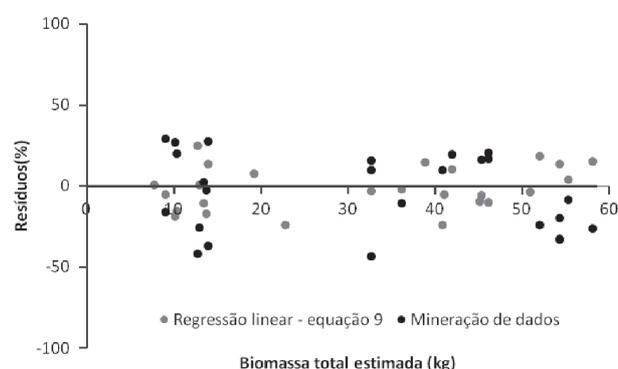


Figura 4. Distribuição gráfica dos resíduos, em função, da melhor equação ajustada para biomassa total por meio da regressão linear e a técnica de mineração para o gênero *Guadua*.

pectivos valores aproximam-se dos dados reais observados. Percebeu-se que, em média, a regressão linear apresentou um resíduo de -1,24% e o ajuste pela mineração de dados apresentou resíduo médio de -4,21%, ambos em relação à variável biomassa total (Figura 4). Portanto, pode-se dizer que o desempenho das duas técnicas foi semelhante em relação à obtenção das estimativas dos parâmetros.

Desta forma, pode-se afirmar que ambos os métodos podem ser utilizados para a estimação de biomassa total para o gênero *Guadua*. Destaca-se, entretanto, que, existindo limitação de dados, a técnica de regressão linear deve ser preferida. Na Figura 4, percebe-se que a técnica de mineração de dados proporciona, nessas situações, valores com maior desvio em relação aos reais, como foi o caso do valor observado aos 6,8 cm de *dap* e 22,8 kg (real), com estimativa de 35,7 kg pela mineração de dados.

CONCLUSÕES

A biomassa total, em plantas de bambu do gênero *Guadua*, relaciona-se fortemente com as variáveis

biométricas diâmetro à altura do peito, diâmetro do colo e com a altura da planta e estas se prestam para expressar ou estimar a biomassa seca total.

É possível estimar acuradamente a matéria seca total de bambu do gênero *Guadua* por regressão linear, bem como pela técnica de mineração dos dados. No entanto, neste trabalho, o método de regressão linear foi mais satisfatório que o de mineração de dados.

O efeito do tamanho da amostra é um fator determinante em ambas as técnicas, mas mais enfaticamente para a mineração de dados. Quando não se dispõe de uma grande quantidade de dados, a regressão linear deve ser preferida.

REFERÊNCIAS

- Aha DW, Kibler D & Albert MK (1991) Instance-Based Learning Algorithms. *Machine Learning*, 6:37-66.
- Bradzil P, Soares CC & Joaquim P (2003) Ranking Learning Algorithms: Using IBL and a Meta-Learning on Accuracy and Time Results. *Machine Learning*, 50:251-277.
- Chaowana P (2013) Bamboo: An Alternative Raw Material for Wood and Wood-Based. *Journal of Materials Science Research*, 2:90-102.
- Castaño F & Moreno RD (2004) *Guadua* para todos – cultivo y aprovechamiento. Proyecto Manejo Sostenible de Bosques de Colombia. Bogotá, Beatriz Peña. 190p.
- Embaye K, Weiha M, Ledinc S & Christerssona L (2005) Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for management. *Forest Ecology and Management*, 204:159-169.
- Figueiredo Filho DB & Silva Júnior JA da (2009) Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, 18:115-146.
- Liebsch D & Reginato M (2009) Florescimento e frutificação de *Merostachys skvortzovii* Sendulsky (taquara-lixia) no estado do Paraná. *Iheringia Série Botânica*, 64:53-56.
- Lindholm M & Palm S (2007) *Guadua chacoensis* in Bolivia an investigation of mechanical properties of a bamboo species. Linköping, Department of Management and Engineering Centre for Wood Technology & Design. 127p.
- Manhães AP (2008) Caracterização da cadeia produtiva do bambu no Brasil: abordagem preliminar. Monografia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 32p.
- Marengo RA & Lopes NF (2005) *Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. Viçosa, Editora UFV. 451p.
- Marín D, Guedez Y & Hernández LD (2011) Las plantaciones de *guadua* (*Guadua angustifolia* Kunth) y bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad.) de San Javier, estado Yaracuy, Venezuela. III. Estructura de las plantaciones y balance de nutrimentos. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 28:441-459.
- Pereira MAR & Beraldo AL (2007) *Bambu de corpo e alma*. Bauru, Canal 6. 240p.
- Salamuni R, Salamuni E, Rocha LA & Rocha AL (2002) O Parque Nacional do Iguacu. In: Schobbenhaus C, Campos DA, Queiroz ET, Winge M & Berbert-Born M (Eds.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília, DNPM. p.313-320.
- Sanquetta CR (2002) Métodos de determinação de biomassa florestal. In: Sanquetta CR, Watzlawick LF, Balbinot R, Zilliotto MA & Gomes FS (Eds.) *As Florestas e o Carbono*. Curitiba, UFPR. p.119-140.
- Sanquetta CR, Watzlawick LF, Corte APD & Fernandes LAV (2009) *Inventários florestais: planejamento e execução*. 2ªed. Curitiba, Multi-Graphic Gráfica e Editora. 316p.
- Sanquetta CR, Wojciechowski J, Corte APD, Rodrigues AL & Maas GCB (2013) On the use of data mining for estimating carbon storage in the trees. *Carbon Balance and Management*, 8:6-9.
- Singh AN & Singh JS (1999) Biomass, net primary production and impact of bamboo plantation on soil redevelopment in a dry tropical region. *Forest Ecology and Management*, 119:195-207.
- Tan PN, Steinbach M & Kumar V (2009) *Introduction to Data Mining*. United States of America, Stanford University. 769p.
- Torezan JMD & Silveira M (2000) The biomass of bamboo (*Guadua weberbaueri* Pilger) in open forest of the southwestern Amazon. *Ecotropica*, 2:71-76.