



EQUAÇÕES PARA ESTIMAR ÁREA FOLIAR DE FOLÍOLOS DE SERINGUEIRA

SCHMILDT, Edilson Romais¹; FELNER, Breno Pavese¹;
TENIS, Luis Henrique Ortelan¹; SCHMILDT, Omar¹; ALEXANDRE, Rodrigo Sobreira²

RESUMO (EQUAÇÕES PARA ESTIMAR ÁREA FOLIAR DE FOLÍOLOS DE SERINGUEIRA) - Por este trabalho de modelagem da área foliar de seringueira objetivou-se indicar uma equação de regressão que explique bem a área foliar real a partir de medidas lineares de comprimento (C) e de largura (L) de folíolos de plantas adultas. A área real de folíolos foi medida usando o software ImageJ[®] a partir de folíolos escaneados. Os modelos testados foram o linear, linear pela origem, potência e exponencial. A equação mais adequada para a estimativa de área de folíolos da seringueira é a $AF = 0,6705 (CxL)$.

Palavras Chave: *Hevea brasiliensis*, modelagem, método não-destrutivo.

ABSTRACT (EQUATIONS TO ESTIMATE LEAF AREA OF RUBBER TREE LEAFLETS) - For this modeling work of the leaf area of rubber aimed to indicate a regression equation and explain the real leaf area from linear measurements of length (L) and width (W) of leaflet adult plants. The actual area of leaflets was measured using the ImageJ[®] software from scanned leaflets. The models tested were linear, the circumscribed, power and exponential. The most appropriate equation for estimating the rubber leaflets area is the $AF = 0.6705 (LxW)$.

Keywords: *Hevea brasiliensis*, modeling, non-destructive method.

¹Centro Universitário Norte do Espírito Santo/Universidade Federal do Espírito Santo – CEUNES/UFES, São Mateus/ES – Brasil, e.romais.s@gmail.com, breno_felner@hotmail.com, luluis12@hotmail.com, omarschmidt@gmail.com

²Centro de Ciências Agrárias e Engenharias/ Universidade Federal do Espírito Santo – CCAE/UFES, Jerônimo Monteiro/ES – Brasil, rodrigossobreiraalexandre@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.] é considerada a espécie mais importante da família Euphorbiaceae (GONÇALVES *et al.*, 2001a). No Brasil, seu cultivo obteve grande sucesso nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, no estado da Bahia e mais recentemente no Oeste do Paraná, onde as condições climáticas são menos propícias ao desenvolvimento da doença “mal-das-folhas” (GONÇALVES *et al.*, 2001b).

Apesar de a seringueira ser de origem brasileira (LORENZI, 2002), ainda são poucos os trabalhos relacionados à esta espécie principalmente referente à produção de látex (MESQUITA; OLIVEIRA, 2010), matéria-prima da borracha natural. No obstante à necessidade de se conhecer melhor a fonte de dreno (folhas) na produção de assimilados necessários na biossíntese de látex, Miguel *et al.* (2011) fizeram um estudo sobre área foliar, por método não destrutivo, a partir de folhas em vários estádios de desenvolvimento, chegando à conclusão que uma mesma equação circunscrita pode ser aplicada à folhas de todos os estádios. O referido estudo usou folhas com menos de 100cm² de área do

limbo. Sabe-se que a seringueira possui folhas trifolioladas (LORENZI, 2002) e que é fácil encontrar folíolos com mais de 200cm² de área do limbo. Considerando que no uso de equações de regressão não se deve fazer extrapolação e somente interpolação (LEVINE *et al.*, 2012), observa-se a necessidade de um estudo de modelagem de área foliar de seringueira que contemple estas áreas foliares reais de campo.

O estudo da modelagem da área foliar a partir de folíolos tem sido usado para outras culturas como amendoim (CARDOZO *et al.*, 2014), macaúba (MOTA *et al.*, 2014), feijão guandu (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2015) e eucalipto (SCHMILDT *et al.*, 2016).

Por meio deste trabalho objetiva-se fazer a modelagem estatística da área foliar de seringueira e indicar uma equação de regressão que represente bem a área foliar a partir dos folíolos maduros em plantas adultas a campo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os folíolos usadas no estudo de modelagem da área foliar de seringueira (*Hevea brasiliensis*) foram coletadas no distrito de Palhal, em uma fazenda localizada a 25 km da cidade de Linhares-

ES, latitude 19°23'27''Sul, longitude 40°04'17'' Oeste, altitude de 28m. As plantas estavam implantadas em uma lavoura cujo plantio fora feito por propagação seminífera com espaçamento 7,0 x 2,5 m. Para a coleta, os folíolos e seus tamanhos foram escolhidos aleatoriamente na lavoura buscando uma amostragem heterogênea afim de representar melhor as características morfológicas e de dimensão de folíolos adultos das plantas. Ao todo foram coletadas 200 folíolos sem deformações e sem sinais de incidência de pragas ou doenças, de um total de 40 plantas sadias.

Após a coleta, os folíolos foram levados até o laboratório de melhoramento de plantas do Centro Universitário do Norte do Espírito Santo (CEUNES), São Mateus-ES, onde foram feitas as avaliações. Em cada folíolo foi feita uma medição do comprimento (C), que é definido como a distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade oposta do folíolo e, a largura dos folíolos (L), definida como maior dimensão perpendicular ao eixo do comprimento. A área real de folíolos (AFR) foi determinada a partir de suas imagens digitais, feitas com escâner HP Deskjet F4480[®], em formato tiff com 75dpi e, processadas no software ImageJ[®] (COLLINS, 2007). Este software, que é de domínio público, foi

usado com sucesso na determinação da área foliar de batata Agata (JADOSKI *et al.*, 2012) e de oito genótipos de cacaueteiro (SANTOS *et al.*, 2014).

A partir dos dados de C e de L, calculou-se o produto (CxL) e a razão (C/L) entre estas medidas. Para as medidas de C, L, CxL, AFR e, C/L, foram calculadas medidas de tendência central e de variabilidade.

Para modelar a área foliar observada (variável dependente = Y_i) em função do C, da L e, do CxL, como variáveis independentes (x_i), utilizou-se os modelos linear ($\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i$), circunscrito ($\hat{Y}_i = \hat{\beta}_1 x_i$), potência ($\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 x_i^{\hat{\beta}_1}$) e, exponencial ($\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 \hat{\beta}_1^x$). Os parâmetros β_0 e β_1 foram estimados pelo método dos mínimos quadrados tendo sido feita previamente a linearização das funções potência e exponencial. Foram calculadas as somas dos quadrados do resíduo (SQRes) entre os valores observados e os preditos pelos modelos, de forma a permitir comparações entre os mesmos. No caso dos modelos que envolveram transformação (potência e exponencial) foi realizada conversão à escala original para obtenção das somas de quadrados do resíduo. O número de graus de liberdade foi estimado pelo número de

folíolos analisados menos o número de parâmetros estimados para cada modelo. Os coeficientes de determinação nestes modelos foram obtidos como o quadrado da correlação entre os valores observados e estimados na escala original (SOUZA, 1998).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa GENES (CRUZ, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da estatística descritiva da amostra de 200 folíolos de seringueira (*Hevea brasiliensis*), usadas na modelagem da área foliar, são apresentados na Tabela 1. Nota-se considerável variabilidade dos dados, notadamente nos coeficientes de variação (CV) para a área foliar real (AFR) que foi acima de 40%. Esta variabilidade pode ser entendida pelos dados de mínimo e máximo de cada caractere, que no caso da AFR variou de 12,85 cm² até 251,72 cm². Uma amostra de AFR destes folíolos avaliados pelo ImageJ[®] é apresentada na Figura 1A. Estes resultados apontam que o estudo de modelagem pode ser executado para aplicação a folíolos de seringueira de diversos tamanhos. A maior variabilidade

da AFR em relação às dimensões lineares de comprimento (C) e de largura (L) segue a tendência observada na modelagem de área foliar em outras culturas agrícolas como mangueira (LIMA *et al.*, 2012), feijão guandu (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2015) e eucalipto (SCHMILDT *et al.*, 2016).

Outro caractere que merece atenção é a relação C/L com valores variando de 1,55 até 5,36 com amplitude de 3,81 e CV de 17,89% (Tabela 1). Espera-se que a relação C/L tenha baixa amplitude e baixo CV para que a AFR possa ser expressa com alta precisão apenas pela medida de C ou L. Pelos resultados encontrados neste trabalho, o CV não pode ser considerado baixo, e, portanto a modelagem da área foliar apenas por C ou L não deve ser apropriada.

Quanto à modelagem da área foliar, os resultados são apresentados na Tabela 2. Nota-se que não houve bom ajuste da área foliar em função das dimensões C e L quando usados isoladamente, notados pelos elevados valores de quadrado médio de desvio da regressão e coeficientes de determinação abaixo de 90%. Estes resultados também podem ser explicados pela alta variabilidade da relação C/L mostrada na Tabela 1.

Tabela 1: Média, mínimo, máximo, amplitude, variância, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV%) no estudo de área de folíolos de seringueira (*Hevea brasiliensis*) a partir de suas dimensões lineares do comprimento (C, em cm), largura (L, em cm), comprimento vezes a maior largura (CxL, em cm²), de sua área foliar real (AFR, em cm²) e, da relação C/L, medidas em 200 folíolos

Caractere	Média	Mínimo	Máximo	Amplitude	Variância	DP	CV%
C	21,55	6,50	32,50	26,00	22,77	4,77	22,15
L	7,52	2,20	12,70	10,50	3,29	1,81	24,12
CxL	168,17	15,40	365,00	349,60	4761,19	69,00	41,03
AFR	112,56	12,85	251,72	238,87	2239,86	47,33	42,05
C/L	2,92	1,55	5,36	3,81	0,2724	0,52	17,89

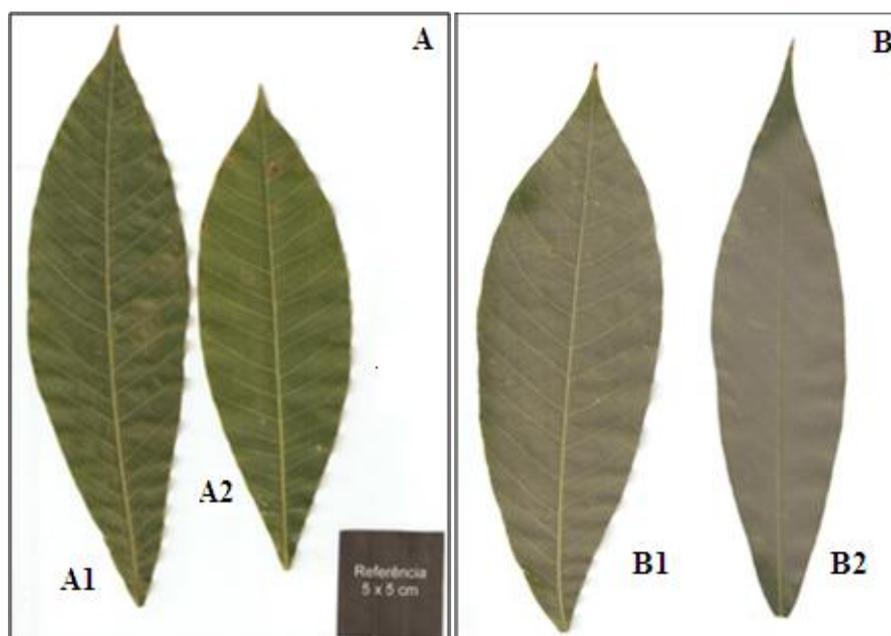


Figura 1: Amostra de folíolos completamente desenvolvidas de seringueira (*Hevea brasiliensis*) usadas na modelagem (A – área de folíolo em A1 = 132,78 cm² e, em A2 = 104,60 cm²; B – dois folíolos com comprimento de 25,5cm e áreas diferentes, B1 = 129,66cm² e, B2 = 96,84cm²)

Tabela 2: Equações de regressão estimadas para diferentes modelos, coeficientes de determinação (R^2 , em %), graus de liberdade e quadrado médio de desvios da regressão da área foliar, em função das medidas lineares do limbo de folíolos de seringueira (*Hevea brasiliensis*) diferença de área entre eles.

X ^{1/}	Modelo	R ²	Desvio da regressão		Equação estimada
			GL	Quadrado Médio	
C	Linear	74,30	198	578,48	$AF = -71,6647 + 8,5497 X$
L	Linear	86,77	198	297,75	$AF = -70,2599 + 24,3057 X$
CxL	Linear	97,56	198	54,83	$AF = -1,3745 + 0,6774 X$
CxL(0,0)	Circunscrito	97,55	199	54,83	$AF = 0,6705 X$
C	Potência	80,48	198	556,42	$AF = 0,6761 X^{1,6499}$
L	Potência	88,63	198	309,24	$AF = 3,3122 X^{1,7257}$
C	Exponencial	79,69	198	564,22	$AF = 16,0625 (1,0897)^X$
L	Exponencial	83,53	198	506,49	$AF = 17,9438 (1,2604)^X$

^{1/} em que C e L correspondem a comprimento e largura máxima do limbo foliar, respectivamente.

Na prática isto quer dizer que, para um mesmo C ou mesma L existem distintos folíolos com AFR distintos, como pode ser notado na Figura 1B, onde ilustra-se que dois folíolos com C = 25,5cm, apresentam cerca de 33cm² de diferença de área entre eles.

As equações que permitem obter estimativas mais precisas da área foliar de seringueira (*Hevea brasilienses*) são as regressões lineares entre a AFR e o produto do comprimento vezes a largura do limbo do folíolo (CxL) uma vez que foram constatados valores do coeficiente de determinação acima de 97% e os menores valores da soma de quadrados do desvio da regressão. Por questões de

simplicidade, recomenda-se a equação do modelo circunscrito, $AF = 0,6705 (CxL)$, o que corresponde a um fator de forma $f = 0,6705$ ilustrado na Figura 2. Miguel et al. (2011) ao avaliarem o fator de forma para folhas de seringueira em vários estádios de desenvolvimento, encontraram $f = 0,59$ que foi indicado também para folhas adultas. Entretanto, é conveniente registrar que esta diferença no fator de forma, corresponde a amostragens diferentes, visto que Miguel et al. (2011) trabalharam com amostra de apenas 20 folhas adultas e que tinham AFR inferior a 100 cm², ao passo que neste trabalho avaliaram-se 200 folíolos com AFR variando entre 12,85cm² até 251,72cm². Em amendoim, Cardozo et al.

(2014) trabalhando com modelagem de área foliar de folíolos em duas distintas cultivares, também indicaram equações baseadas no modelo circunscrito. O mesmo

não ocorreu com folíolos de macaúba, em que Motta et al. (2014) concluíram que o melhor ajuste é a partir de um modelo tipo potência.

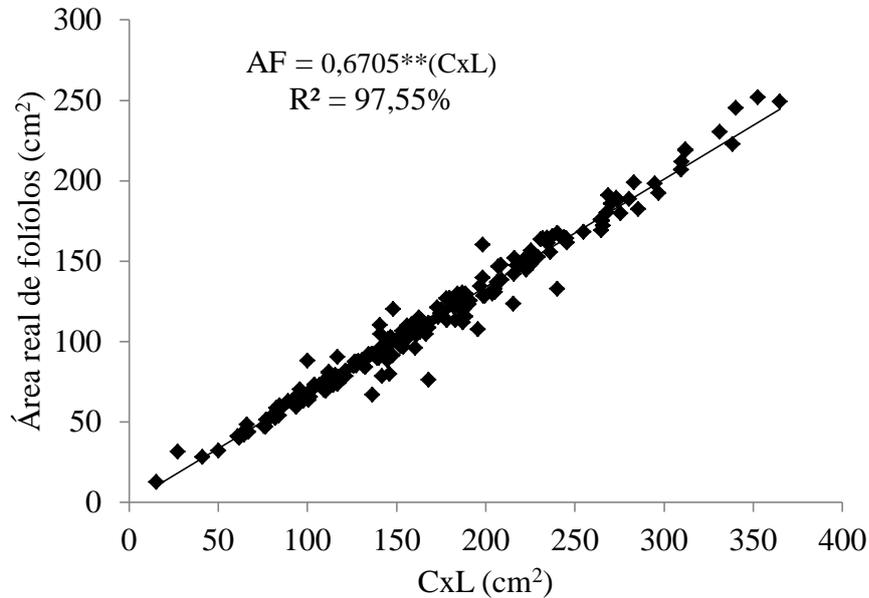


Figura 2: Representação gráfica da área real de folíolos em função do produto do comprimento (C) pela largura máxima (L) e equação linear que representa esta relação em folíolos de seringueira (*Hevea brasiliensis*)

(** = coeficiente angular estatisticamente diferente de zero pelo teste t a 1% de probabilidade).

4. CONCLUSÃO

A equação mais adequada para a estimativa de área de folíolos da cultura da seringueira (*Hevea brasilienses*) é $AF = 0,6705(CxL)$.

5. REFERÊNCIAS

CARDOZO, N.P.; PARREIRA, M.C.;
 PANOSSO, A.R.; VOLPE, C.A.
 Modelagem da área foliar de duas
 cultivares de amendoim em função das
 dimensões lineares dos folíolos.

Bioscience Journal, Uberlândia, v.30, n.1,
 p.101-107, 2014.

- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B.M.; BURIN, C. Estimação da área foliar de feijão guandu por dimensões foliares. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.1, p.1-8, 2015.
- COLLINS, T.J. ImageJ for microscopy. **BioTechniques**, Hamilton, v.43, n.1 supplement, p.25–30, 2007.
- CRUZ, C.D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- GONÇALVES, P.de S.; BATAGLIA, O.C.; ORTOLANI, A.A.; FONSECA, F.S. **Manual de Heveicultura para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001a.78p.
- GONÇALVES, P.de S.; BORTOLETTO, N.; SAMBUGARO, R.; FURTADO, E.L.; BATAGLIA, O.C.; ORTOLANI, A.A.; GODOY JUNIOR, G. Desempenho de clones de seringueira de origem amazônica no planalto do Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.12, p.1469-1477, 2001b.
- JADOSKI, S.O.; LOPES, E.C.; MAGGI, M.F.; SUCHORONCZEK, A.; SAITO, L.R.; DENEGA, S. Método de determinação da área foliar da cultivar de batata Ágata a partir de dimensões lineares. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, suplemento 1, p.2545-2554, 2012.
- LEVINE, D.M.; STEPHAN, D.F.; KREHBIEL, T.C.; BERENSON, M.L. **Estatística: teoria e aplicações usando Microsoft Excel em português**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2012. 832p.
- LIMA, R.T.; SOUZA, P.J.O.P.; RODRIGUES, J.C.; LIMA, M.J.A. Modelos para estimativa da área foliar da mangueira utilizando medidas lineares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.4, p.974-980, 2012.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v.1, 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 368p.
- MESQUITA, A.C.; OLIVEIRA, L.E.M. Características anatômicas da casca e produção de látex em plantas de seringueira não enxertadas. **Acta Amazonica**, Manaus, v.40, n.2, p.241-246, 2010.

MOTTA, C.S.; LEITE, H.G.; CANO, M.A.O. Equações para estimar área foliar de folíolos de *Acrocomia aculeta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.34, n.79, p.217-224, 2014.

SANTOS, S.N., DIGAN, R.C., AGUILAR, M.A.G., SOUZA, C.A.S., PINTO, D.G., MARINATO, C.S., ARPINI, T.S. Análise comparativa de métodos de determinação de área foliar em genótipos de cacau. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.1, p.411-419, 2014.

SCHMILDT, E.R.; PARIS, J.O.; NUNES JUNIOR, J.A.A.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, R.S. Equações para estimar área foliar em eucalipto. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v.28, n.1, p.58-66, 2016.

SOUZA, G.S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília: EMBRAPA, SPI/EMBRAPA-SEA, 1998. 505p.