

# ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DA MAMONEIRA POR EQUAÇÕES E MEDIDAS SIMPLES OBTIDAS EM CAMPO

GERVÁSIO F. A. RIOS<sup>1</sup>; SAMUEL W. RESENDE<sup>2</sup>; LUCAS CENTURION<sup>3</sup>; PIETROS A. B. DOS SANTOS<sup>4</sup>; LUIZ G. DE CARVALHO<sup>5</sup>;

<sup>1</sup>Doutorando, Universidade Federal de Lavras – gervasiorios@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Lavras – samuelwr88@gmail.com

<sup>3</sup>Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras – lucas\_centurion@hotmail.com.

<sup>4</sup>Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras – paballbino@hotmail.com

<sup>5</sup>Professor Dr., Universidade Federal de Lavras – Igonsaga@deg.ufla.br.

**RESUMO:** Objetivou-se nesse trabalho: a) ajustar os modelos de estimativa da área foliar da mamona,  $A=a(P+L)^2$  e  $A=a(P+L)^b$ , designados de c6 e c10 com a e b os parâmetros e P e L medidas simples da folha, b) avaliar o desempenho desses e dos modelos recomendados  $A=0,2622P^2$  e  $A=0,3526(P+T)^2$ , designados de a1 e b2, respectivamente, e c) comparar e validar o desempenho dos modelos utilizando-se das medidas obtidas diretamente na folha, sem extraí-la da planta. Os modelos a1 e b2 (confiáveis para folhas pequenas e todos tamanhos de folha) são recomendados para estimar a área foliar de alguns genótipos de mamona, e os modelos c6 e c10 foram ajustados especificamente para a variedade IAC 2028, mediante medidas das folhas por classe de tamanho, e obtidas com foto digital e escâner LAI-3000. Os modelos c6 e c10 apresentaram bons ajustes com  $R^2$  acima de 0.97 e, a semelhança do modelo b2 de melhor desempenho, c6 e c10 ao contrário do modelo a1, apresentaram resultados satisfatórios com as medidas obtidas no campo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Ricinus communis* L., ajuste de modelo, área foliar específica, imagens digitais, processamento de imagem.

**SUMMARY:** The objective of this work: a) adjust the models to estimate leaf area of castor oil,  $A = (P + L)^2$  and  $A = (P + L)^b$ , c6 and c10 designated a and b parameters and P L and simple measures of the sheet, b) evaluate the performance of these models and recommended  $a = 0.2622$   $a = 0.3526$  and  $P^2$   $(P + T)^2$ , designated a1 and b2, respectively, and c) compare and validate the performance models using the measurements obtained directly on the sheet, without extracting it from the plant. The models A1 and B2 (small leaves and reliable for all sheet sizes) are recommended for estimating leaf area of some genotypes of castor, and C6 and C10 models were adjusted specifically for the IAC 2028, through measures of leaves per class size, and taken with digital photo and LAI-3000 scanner. The C6 and C10 models showed good fits with  $R^2$  above 0.97, and the similarity of the best performing model b2, c6 and c10 a1 unlike the model showed satisfactory results with measurements obtained in the field.

**KEYWORDS:** *Ricinus communis* L., adjustment model, specific leaf area, digital imaging, image processing.

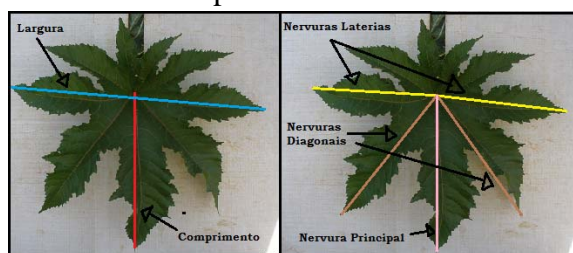
**INTRODUÇÃO:** Entre várias pesquisas de importância, como o melhoramento genético, a determinação da área foliar de plantas é uma formidável ação (FONSECA e CANDÉ, 1994), pois permite ao pesquisador obter alguns indicativos de resposta referentes aos tratamentos aplicados e trabalhar com as variáveis levantadas em campo. No estudo da área foliar da mamona, a grande dificuldade está na relação entre a área e as medidas lineares das folhas. Isso se deve à substancial pluralidade de formação dessas estruturas, pois existem folhas com diferente número de lóbulos, sendo que a largura dos diferentes genótipos varia conforme cada lóbulo, ocorrendo isso até mesmo em uma única planta. Dentre os vários meios de se obter a área foliar, aqueles que utilizam relações matemáticas entre algumas dimensões das folhas e da área foliar total são mais fáceis de executar, pois a medida desejada pode ser obtida de maneira simples, sem depender de aparelhos. Em várias culturas, além da mamona, essas relações matemáticas já foram estudadas e usadas para gerar estatísticas (ASHLEY et al., 1963; OGA et al., 1994; SILVA et al., 1998; SILVA et al., 2002). Além desta complicação, a obtenção das medidas lineares dessas folhas geralmente é um empecilho, pois há enormes dificuldades na definição de pontos referenciais claros que indiquem onde medir o comprimento ou a largura, uma vez que o formato da folha é irregular, podendo eventualmente gerar medidas superestimadas ou subestimadas. Há estudos que geraram equações de estimativa da folha de mamoneira, como exemplo, Wendt (1967) que criou uma equação logarítmica para estimar a folha, porém no estudo havia algumas limitações, pois ele se baseou em apenas 65 folhas, e ainda não explicou com clareza os pontos que utilizou para medir o comprimento da folha, utilizada como variável independente. A utilização de imagens digitalizadas em programas computacionais vem sendo amplamente utilizada, com relativo sucesso, já foi empregada para estimativa de área foliar em batata e tomate (SUASSUNA, 2004).

Dessa forma, objetivou-se nesse trabalho fazer o ajuste e avaliação de desempenho de alguns modelos da estimativa da área foliar utilizando medidas foliares simples obtidas diretamente no campo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Esse trabalho foi realizado visando estimar a área foliar da mamona, *Ricinus communis* L., variedade IAC 2028 irrigada por gotejamento, com base em um experimento em fase de execução, instalado na área de pesquisa da Universidade Federal de Lavras desde janeiro de 2011. Essa região caracterizada por possuir Latossolo Vermelho Distroférrico (Embrapa, 2006), clima tropical de altitude, com

chuvas intensas no verão e escassas no período de inverno, possuindo precipitação média anual de 1530mm e temperatura média anual de 19,4°C (Dantas et al., 2007). O município de Lavras está situado na região do Sul de Minas Gerais, tendo as coordenadas geográficas de latitude e longitude respectivamente iguais a 21° 14'S e 45° 00' W, com altitude de 920 m. Os modelos recomendados e avaliados, conforme Severino et al. (2005), foram  $A=0,2622P^2$  e  $A=0,3526(P+T)^2$ , com códigos a1 e b2, e os ajustados  $A=a(P+L)^2$  e  $A=a(P+L)^b$ , codificados por c6 e c10, respectivamente.

Para ajuste dos modelos e determinação de área e medidas lineares da folha 474 folhas foram fotografadas com câmara digital (Olympus, fe-340, 8megapixel) em folhas dos terços (extratos) inferior, médio e superior das plantas úteis de 79 parcelas das 85 no experimento, em duas avaliações mensais, com o máximo de variabilidade possível. As fotografias das folhas foram tiradas a uma distância fixa e sob um plano de papel milimetrado mediante o uso de um suporte móvel desenvolvido e em processo de aprimoramento. Utilizando-se do software ImageJ® foi realizado o processamento das imagens para obtenção da área foliar e das seguintes medidas lineares da folha, conforme Severino et al., 2005: **Nervura Principal (P)**: distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade do maior lóbulo, o qual geralmente se encontra direcionado para baixo; **Largura (L)**: distância entre as extremidades de dois lóbulos de forma que a linha de medição se aproxime o máximo possível da perpendicular da direção em que se mediu nervura principal (P); **Nervuras Laterais (T)**: distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade dos lóbulos cujas nervuras se aproximam o máximo possível da direção perpendicular à nervura principal, considerada nesse trabalho como aproximada à metade da distância da largura ( $T=L/2$ ) no ajuste e aplicação de alguns modelos; **Comprimento (C)**: distância entre a extremidade na nervura principal (explicada anteriormente) e o vértice formado pelo ponto de junção dos dois lóbulos superiores, considerado como aproximado à distância da nervura principal (P) no ajuste e aplicação de alguns modelos; As dimensões citadas acima podem ser visualizadas na Figura 2 abaixo.



**Figura 1:** Medidas lineares obtidas nas folhas de mamoneira: comprimento, largura, nervura principal, nervuras diagonais e nervuras laterais. Lavras, MG, 2011.

Para avaliação e validação dos modelos estudados foram extraídas aleatoriamente nas parcelas vinte folhas, de cinco classes de largura de folha (L), 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 e 50-60cm, com quatro folhas por classe. A área foliar foi obtida por meio do método da fotografia digital e do método do Scanner (LAI-3000), esse considerado como medida de referências. Os dados de área estimada pelos modelos foram aos observados no escâner LAI-3000, e em relação às classes, conforme os indicadores que se seguem: a) índice de desempenho de Camargo (Camargo & Sentelhas, 1997); b) diferença percentual média dos valores estimados e observados (D%); c) coeficiente de variação dos desvios (CV%\*), conforme Severino et al. (2005). Para cada classe foram

considerados adequados os modelos que obtiveram coeficiente de desempenho (c) > 0.66 (categoria de bom acima) e diferença percentual entre -5,0 e 5,0%. A avaliação das equações foi então complementada por critérios, como: facilidade de obtenção das medidas, facilidade de cálculo e número de medidas necessárias.

A comparação e confrontação entre os modelos com base no modelo de melhor desempenho avaliado, foi realizada com base nas 1785 folhas amostradas para obtenção de medidas lineares obtidas de forma não destrutiva com uso de trena métrica nas folhas dos terços (extratos) inferior, médio e superior das plantas úteis das parcelas, com o máximo de variabilidade possível, em sete coletas semanais.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1 estão apresentados os coeficientes a e b dos modelos c6 e c10 ajustados e seus coeficientes de determinação ( $R^2$ ), assim os índices de precisão desses e demais modelos recomendados em relação ao método padrão (escâner). O modelo b2 apresentou os melhores índices por classe, sendo por isso, escolhido como referência para comparação e avaliação dos modelos a1, c6 e c10 em relação aos dados obtidos diretamente no campo.

Tabela 1: Estimativa dos parâmetros a e b, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos modelos ajustado c6 e c10 e índices de avaliação de precisão desses e demais modelos recomendados (a1 e b2) em relação ao método padrão (escâner).

			Classes de largura de folha (L,cm)					
			"10-20"	"20-30"	"30-40"	"40-50"	"50-60"	"10-60"
Cód.	Modelo	R <sup>2</sup>	Coeficiente de desempenho (c)					
a1	0.2622P <sup>2.4248</sup>	-	0,970	0,872	0,975	0,976	0,657	0,985
b2	0.3526(P+T) <sup>2</sup>	-	0,998	0,879	0,984	0,975	0,700	0,990
c6	A=0,181(P+L) <sup>2</sup>	0,99	0,990	0,873	0,991	0,954	0,717	0,990
c10	A=0,303(P+L) <sup>1,875</sup>	0,97	0,952	0,859	0,992	0,970	0,745	0,992
Cód.	Modelo	R <sup>2</sup>	Diferença percentual média dos valores estimados (D%, %)					
a1	0.2622P <sup>2.4248</sup>	-	-30,5	-19,7	-3,6	1,3	5,3	-0,9
b2	0.3526(P+T) <sup>2</sup>	-	0,1	-3,3	-3,8	-0,5	-0,8	-1,5
c6	A=0,181(P+L) <sup>2</sup>	0,99	2,7	0,4	-1,1	4,8	5,6	3,5
c10	A=0,303(P+L) <sup>1,875</sup>	0,97	14,9	5,4	-0,9	2,1	0,6	1,6
Cód.	Modelo	R <sup>2</sup>	Coeficiente de variação dos desvios (CV%*, %)					
a1	0.2622P <sup>2.4248</sup>	-	12,0	12,5	2,9	1,9	8,7	10,3
b2	0.3526(P+T) <sup>2</sup>	-	1,7	5,0	2,3	1,9	6,1	6,6
c6	A=0,181(P+L) <sup>2</sup>	0,99	3,1	4,5	1,6	3,0	2,6	7,0
c10	A=0,303(P+L) <sup>1,875</sup>	0,97	5,3	7,5	0,6	2,3	3,7	5,6

a) c = coeficientes de desempenho de Camargo; D% = Diferença percentual média dos valores estimados e observados; CV%\* = Coeficiente de variação dos desvios; A = área foliar; L = largura da folha; P = comprimento da nervura principal; T = média do comprimento das duas nervuras laterais; a e b = parâmetros calculados; b) c6 e c10 = modelos ajustados para folhas de 5 classes de largura de folha (L, 10-20; 20-30; 30-40; 40-50 e 50-60 cm); a1 e b2 = modelos recomendados, Severino et al, (2005), para folhas pequenas (<300 cm<sup>2</sup>) e para folhas médias (300-1000 cm<sup>2</sup>) e grandes (>1000 cm<sup>2</sup>);

Na tabela 2 são apresentadas características das folhas mensuradas no campo por classe de largura da folha (L), cujas classes Mp (20 a 30 cm) e M (30 a 40 cm) têm área média de 310 e 589 cm<sup>2</sup> e são as mais numerosas com cerca de 66% dos dados total.

Tabela 2: Caracterização das medidas expeditas da folha por classes de largura de folha (L), Lavras, MG, 2011.

Limites de Classes(L, cm)						
LI	LS	Classes	n.folhas	P(cm)	L (cm)	A(cm2)*
0	10	PP	4	6	9.5	35.26
10	20	P	431	11.84	16.79	143.37
20	30	Mp	636	17.15	25.28	309.86
30	40	M	548	23.38	35.17	588.57
40	50	Mg	160	28.99	43.98	913.38
50	60	G	6	33.5	51.33	1235.72
60	70	GG	0	-	-	-
Mím	-	-	-	6.00	8.00	31.82
Máx	-	-	-	36.00	53.00	1377.34
Média	-	-	-	19.21	27.99	426.30

a) 7 classes de largura de folha (L), 0-10; 10-20;20-30;30-40;40-50; 50-60 e 60-70cm; b)\*A= área foliar estimada por b2 = modelo recomendado, Severino et al, (2005); P=comprimento da nervura principal, L=largura da folha;

Para efeito de desempenho dos modelos a1, c6 e c10 em relação ao modelo padrão adotado(b2)e medidas das folhas obtidas em campoverificou-se que o modeloa1 não foi satisfatório, destacando-seos modelos c6 e c10 que apresentaram os melhores índices, especialmente o modelo c6 considerado satisfatório no geral na maioria das classes analisadas, conforme Talela 3 e Figura 2.

Tabela 3.Resultados dos índices de avaliação das equações ajustadas e recomendadas a cinco classes de folhas divididas por tamanho da largura foliar (L), Lavras, MG, 2011

		Classes de largura de folha (L,cm)						
		"0-10"	"10-20"	"20-30"	"30-40"	"40-50"	"50-60"	"0-60"
Mod.	Coeficiente de desempenho (c)							
a1	$0.2622P^{2.4248}$	0.365	0.397	0.343	0.285	0.214	0.131	0.526
c6	$A=0,181(P+L)^2$	0.978	0.991	0.928	0.912	0.850	0.810	0.997
c10	$A=0,303(P+L)^{1.875}$	0.833	0.956	0.969	0.977	0.980	0.967	0.996
Mod.	Diferença percentual média dos valores estimados (D%, %)							
a1	$0.2622P^{2.4248}$	-73.39	-73.77	-74.84	-75.43	-75.76	-76.13	-75.20
c6	$A=0,181(P+L)^2$	1.01	1.56	3.33	4.31	4.88	5.49	3.92
c10	$A=0,303(P+L)^{1.875}$	18.90	11.19	7.90	4.77	2.59	1.35	5.72
Mod.	Coeficiente de variação dos desvios (CV%*, %)							
a1	$0.2622P^{2.4248}$	16.73	20.93	17.31	13.26	7.25	4.72	45.06
c6	$A=0,181(P+L)^2$	3.09	2.12	9.25	2.05	1.66	1.32	3.85
c10	$A=0,303(P+L)^{1.875}$	4.10	3.26	2.47	2.04	3.04	1.42	2.67
Mod.	Média (A, cm2)							
b2	$0.3526(P+T)^2$	49.28	153.14	325.22	606.08	927.52	1235.72	426.33
a1	$0.2622P^{2.4248}$	13.11	40.17	81.82	148.92	227.40	295.02	105.75
c6	$A=0,181(P+L)^2$	49.78	155.54	336.05	632.18	984.70	1303.53	443.06
c10	$A=0,303(P+L)^{1.875}$	58.59	170.28	350.91	635.00	962.42	1252.45	450.72

a)A= área foliar, L=largura da folha, P=comprimento da nervura principal, T=média das duas nervuras laterais ou de L; a e b= parâmetros calculados; b) c6 e c10 = modelos ajustados para folhas de 5 classes de largura de folha (L, 10-20;20-30;30-40;40-50 e 50-60cm); a1 e b2 = modelos recomendados, Severino et al, (2005), para folhas pequenas(<300cm2) e para folhas médias(300-1000cm2) e grandes (>1000cm2);

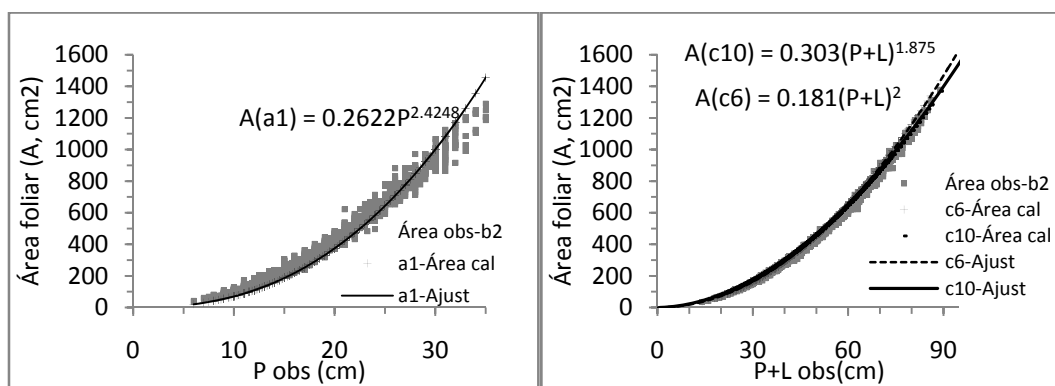


Figura 2. Regressão dos valores de área foliar da mamoneira observada segundo medidas da folha obtidas no campo (L=largura da folha e P=comprimento da nervura principal) e os modelos a1, C6 e C10. Lavras, MG 2011.

**CONCLUSÕES:** Os modelos c6 e c10 apresentaram bons ajustes com R<sup>2</sup> acima de 0.97 e, a semelhança do modelo b2 de melhor desempenho, c6 e c10 ao contrario do modelo a1, apresentaram resultados satisfatórios com as medidas obtidas no campo.

**AGRADECIMENTOS:** Ao apoio financeiro do CNPq, CAPES e FAPEMIG.

#### REFERÊNCIAS:

ASHLEY, D.A.; DOSS, B.D.; BENETT, O.L. A method of determining leaf area in cotton. *Agronomy Journal*, v. 55, p. 584-585, 1963.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P. C. **Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, p. 89-97, 1997.

DANTAS, A.A.A.; CARVALHO, L.G. DE; FERREIRA, E. **Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG.** Ciência e Agrotecnologia. Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez, 2007.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FONSECA, C. E. L.; CONDÉ, R. C. C. Estimativa da Área Foliar em mudas de Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gom.). *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 29, n.4, p. 593-599, 1994.

SEVERINO, L. V.; CARDOSO, G.D; VALE, L.S.; SANTOS, J. W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 55. Campina Grande, 2005. 20p.

SILVA, N.F.; FERREIRA, F.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A. Modelos para estimar a área foliar de abóbora por meio de medidas lineares. *Revista Ceres* v. 45, n. 259, p. 287-291, 1998.

SUASSUNA, N.D.; MAFFIA, L.A.; MIZUBUTI, E.S.G. Aggressiveness and host specificity of brazilian isolats of *Phytophthora* infestans. *Plant Pathology* v. 53, p. 405-413. 2004.