

MODELAGEM DA ÁREA FOLIAR DE DUAS CULTIVARES DE AMENDOIM EM FUNÇÃO DAS DIMENSÕES LINEARES DOS FOLÍOLOS

MODELLING OF LEAF AREA OF TWO PEANUT CULTIVARS AS FUNCTION OF LINEAR DIMENSIONS OF THE LEAFLETS

Nilceu Piffer CARDOZO¹; Mariana Casari PARREIRA²; Alan Rodrigo PANOSSO³; Clóvis Alberto VOLPE⁴

1. Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, Física do Ambiente Agrícola, Departamento de Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ – USP, Piracicaba, SP, Brasil. nilceu.cardozo@terra.com.br; 2. Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Produção Vegetal, Departamento de Biologia Aplicado à Agropecuária, Laboratório de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil; 3. Engenheiro Agrônomo, Doutor em Produção Vegetal, Departamento de Ciências Exatas – UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil; 4. Professor, Doutor, adjunto do Departamento de Ciências Exatas – UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil (*in memoriam*).

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi determinar um fator de forma para a estimativa da área de folíolos de dois cultivares de amendoim (IAC TATU ST e IAC RUNNER 886). Foram estudadas as correlações entre a área foliar real (SF) e as medidas dimensionais do limbo foliar, como o comprimento ao longo da nervura principal (C), a largura máxima (L) e o produto das duas dimensões ($C \times L$). Para cada cultivar foi determinado um fator de forma (f) por meio da análise de regressão entre o produto do comprimento e largura e área real das folhas e avaliada a correlação entre a área foliar estimada pelo fator de correção e sua medida direta. Todos os modelos avaliados (lineares, exponenciais ou geométricos) permitiram estimativas da área foliar acima de 87%. As equações que apresentaram melhor ajuste foram as lineares, passando ou não pela origem. Do ponto de vista prático, sugere-se optar pela equação linear simples que considera o coeficiente linear igual a zero, com valores de fator f iguais a 0,7111 e 0,7266 para os cultivares IAC RUNNER 886 e IAC TATU ST, respectivamente. O método das dimensões é viável para a estimação de área foliar do amendoim para ambas as cultivares, por apresentar valores de r^2 (0,97), com erros inferiores a 3%, inclusive quando utilizado com dados independentes.

PALAVRAS-CHAVE: Biometria. Estimativa. *Arachis hypogae* L.

INTRODUÇÃO

Conhecimentos sobre a área foliar de uma planta são necessários para estudos agronômicos e fisiológicos envolvendo crescimento vegetal (MULLER; BERGAMACHI, 2005) e útil na avaliação de várias práticas culturais, tais como densidade de plantio, adubação, irrigação, poda e aplicação de defensivos (FAVARIN et al., 2002) e controle de plantas daninhas (BIANCO et al., 2012). Por isso, medições precisas de área foliar são essenciais para entender a interação entre o crescimento da planta e o ambiente (DE JESUS et al., 2001). Dessa forma, a busca de métodos fáceis de serem executados, rápidos e não-destrutivos para a estimativa da área foliar com precisão torna-se importante para avaliar o crescimento das plantas nas condições de campo (CARDOZO et al., 2009).

A área foliar total de uma planta pode ser obtida por métodos diretos ou indiretos. Os métodos diretos são métodos destrutivos e exigem a retirada da folha ou de outras estruturas, o que muitas vezes não é possível devido ao limitado número de plantas na parcela experimental. Os métodos indiretos são não-destrutivos e podem fornecer estimativas precisas da AF desde o início até o fim do ciclo

acompanhando-se a mesma planta (PEKSEN, 2007). Os mais utilizados são os aparelhos integradores de área foliar e os modelos matemáticos com dimensões lineares como variáveis de entrada no modelo. Os aparelhos integradores de área foliar são práticos para medir a AF, porém seu uso é pouco difundido devido ao alto custo para sua aquisição.

Os modelos matemáticos envolvem medições lineares, tais como comprimento foliar e largura foliar, ou alguma combinação dessas variáveis, geralmente, apresentam boa precisão para estimar a AF real (BLANCO; FOLEGATTI, 2003). São acessíveis em termos de custo, pois é preciso apenas uma régua graduada para a medição das dimensões foliares. Os métodos de determinação da AF não destrutivos são elaborados a partir da função do produto entre comprimento e largura do limbo foliar, como feito para o meloeiro (NASCIMENTO et al., 2002), feijão-vagem (QUEIROGA et al., 2003), pepineiro (NIED et al., 2001), berinjela (COSTA et al., 2007), girassol (ROUPHAEL et al., 2007), algodão (MONTEIRO et al., 2005), entre outras culturas. Porém estes modelos nem sempre são mais eficientes nas estimativas do que aqueles gerados com apenas uma das dimensões do limbo

foliar (BLANCO; FOLEGATTI, 2003; NASCIMENTO et al., 2002; QUEIROGA et al., 2003; COSTA et al., 2007; ROUPHAEL et al., 2007). Diante disso, o objetivo do presente estudo foi determinar um fator de correção para estimativa da área foliar de dois cultivares de amendoim de diferentes características agrônômicas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental localiza-se na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP campus de Jaboticabal, estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são: 21° 14' 05''S e 48° 17' 09'' W e 615 metros de altitude. As normais climatológicas do município, com valores médios anuais do período de 1981 a 2010, são: 1424,8 mm de precipitação, 117,3 dias com chuva, 2585,8 h de insolação, 943,5 hPa de pressão atmosférica, 29,1 °C, 16,7 °C e 22,9 °C de temperaturas máxima, mínima e média do ar, respectivamente, e 70,8% de umidade relativa do ar (UNESP-DCE, 2012). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico textura muito argilosa (LVef), de acordo com EMBRAPA (2006).

O experimento foi desenvolvido em uma área de 1,5 ha, com preparo de solo convencional, a qual incluiu gradagem, aração e subsolagem. A semeadura foi realizada em 26 de outubro em espaçamento seguindo os padrões comerciais, com espaçamento entrelinhas de 0,9 m. Foram utilizadas cultivares de amendoim IAC TATU ST e IAC RUNNER 886, as mais representativas para os produtores da região. Foram coletadas plantas de ambas as cultivares estudadas, escolhidas aleatoriamente no campo, para avaliação de seus folíolos. No total, foram selecionados 200 folíolos, os quais não possuíam quaisquer deformações oriundas de fatores nutricionais, pragas ou doenças, conforme método descrito por CARDOZO et al. (2009, 2011). Os folíolos selecionados foram levados ao laboratório para determinação de sua área real, comprimento e largura utilizando-se o medidor "Area Meter" (Licor Inc., Lincon, Nebraska, US), modelo LICOR LI-3000. O comprimento foi definido como a distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade oposta da folha e a largura como a maior dimensão perpendicular ao eixo do comprimento.

A equação mais adequada a estimar a área foliar das cultivares de amendoim estudadas foi determinada a partir da avaliação de modelos de regressão linear ($Y = a + bx$); linear pela origem (Y

= bx), geométrica ($Y = ax^b$) e exponencial ($Y = ab^x$). O valor de Y estima a área do limbo foliar em função de X , cujos valores podem ser o comprimento (C), a largura (L) ou o seu produto ($C \times L$). No caso de X igual a $C \times L$, estimou-se também a equação linear passando pela origem, o que significa supor que a área é proporcional a um retângulo ($C \times L$), corrigido por um fator de forma (CARDOZO et al., 2009; 2011). Todas as equações utilizadas são lineares ou linearizáveis por transformação, assim sendo todos os ajustes das equações foram feitos a partir da reta. 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 (geométrica e exponencial) foi realizada conversão à escala original para obtenção das somas de quadrados do resíduo. Os coeficientes de correlação foram obtidos com as variáveis X e Y no modelo linear e logaritmo de Y e X , nos modelos geométrico e exponencial. O número de graus de liberdade foi estimado pelo número de folhas analisadas menos o número de parâmetros estimados para cada modelo. Para se testar o acréscimo de soma de quadrados do resíduo do modelo passando pela origem em relação ao modelo com intercepto, utilizou-se o teste F condicional: $F = (SQRes. (0,0) - SQRes. CL) / SQRes. CL/GL$, com um e dois GL (graus de liberdade), onde GL é o número de folhas menos dois (NETER; WASSERMAN, 1974; MEAD; CURNOW, 1983), SQRes (0,0) é igual à Soma de Quadrados do Resíduo do modelo linear passando pela origem (modelo $Y = bx$) e a SQRes (CL) corresponde à Soma de Quadrados do Resíduo do modelo linear com parâmetros a e b ($Y = a + bx$). A equação que melhor estimou a área foliar das cultivares foi aquela que apresentou menor soma de quadrados do resíduo na escala real (sem transformação) e o maior coeficiente de determinação estimado (PERESSIN et al., 1984). O modelo de melhor ajuste para cada cultivar teve seu desempenho avaliado empregando-se a análise de regressão entre a área foliar estimada e a área foliar medida, em nova amostra de plantas, coletadas em áreas de plantio comercial das cultivares IAC RUNNER 886 e IAC TATU ST no ano de 2008. Os dados observados e os estimados pelos modelos propostos foram comparados por análise de regressão (coeficiente de determinação ajustado, com $p > 0,05$), índice de concordância de Willmott (D) e de confiabilidade de Camargo (C) e pela avaliação dos erros: médio (EM) e absoluto médio (EAM), como sugerido por Willmott et al. (1995) e

Camargo e Sentelhas (1997). A classificação do desempenho de cada modelo seguiu o critério adotado por Camargo e Sentelhas (1997).

RESULTADOS

Os valores de comprimento (C) dos folíolos da cultivar IAC RUNNER 886 variaram de 1,1 a 7,0 cm, com valores médios de 3,8 cm; já a largura (L) das folhas variou de 1,0 a 3,7 cm, com valores médios de 2,1 cm. Os valores de área foliar real variaram de 0,9 a 17,3 cm², com média de 6,2 cm². A distribuição percentual dos 200 limbos foliares indicou que 95% dos folíolos apresentam valores de área foliar inferiores a 10 cm². Enquanto isso, os valores de comprimento (C) dos folíolos da cultivar IAC TATU ST variaram de 3,4 a 8,0 cm, com valores médios de 5,6 cm; já a largura (L) das folhas variou de 1,6 a 3,5 cm, com valores médios de 2,6 cm. Os valores de área foliar real variaram de 4,5 a 19,4 cm², com média de 10,7 cm². A distribuição percentual dos 200 limbos foliares indicou que 88% das folhas apresentam valores de área foliar que variam de 4 a 13 cm².

Os resultados das análises de regressão realizados a partir dos valores de comprimento (C),

largura (L), da área foliar real (Sf) e o produto do comprimento pela largura da folha (C × L) das cultivares avaliadas são apresentados nas Tabelas 3 e 4. No caso da cultivar IAC RUNNER 886, com o menor coeficiente de determinação foi obtido a partir de uma equação geométrica que considerou apenas a medida da largura (0,8837). Assim, as equações obtidas para essa cultivar permitiram explicar, pelo menos, 88% das variações encontradas na área de seus folíolos (Tabela 1). O menor coeficiente de determinação foi obtido a partir de uma equação geométrica que considerou apenas a medida da largura (0,8549). Padrão semelhante foi observado no caso da cultivar IAC TATU ST as equações obtidas permitiram estimar satisfatoriamente a área de seus folíolos, com coeficientes de determinação superiores a 0,85, ou seja, pelo menos 85% das variações observadas foram explicadas pelas equações obtidas utilizando as dimensões dos folíolos da cultivar (Tabela 2). Em ambas as cultivares observou-se que os modelos que consideraram apenas a largura obtiveram valores de coeficiente de determinação menores do que aqueles que consideraram apenas o comprimento.

Tabela 1. Equações de regressão estimadas, coeficientes de determinação, graus de liberdade e somas de quadrados de desvios da regressão da área foliar em função das medidas lineares dos folíolos da cultivar de amendoim IAC RUNNER 886. (C e L indicam comprimento e largura, respectivamente).

X	Tipo de equação	R ²	GL	SQRes (escala original)	Equação estimada (.f)
C	Linear	0,9203	198	136,8937	-3,5207+2,5263 × C
L	Linear	0,8921	198	185,3123	-6,076+5,7507 × L
CL	Linear	0,9874	198	21,6486	0,1343+0,6985 × CL
CL (0,0)	Linear	0,9875	199	22,3322	0,7111 × CL
C	Geométrica	0,8957	198	142,1852	2,4989 × C ^{0,5014}
L	Geométrica	0,8837	198	197,7558	2,4203 × L ^{0,7654}
C	Exponencial	0,9196	198	129,9128	2,4278 × 1,1621 ^C
L	Exponencial	0,9034	198	199,1280	3,4316 × 1,5675 ^L

Tabela 2. Equações de regressão estimadas, coeficientes de determinação, graus de liberdade e somas de quadrados de desvios da regressão da área foliar em função das medidas lineares dos folíolos da cultivar de amendoim IAC TATU ST (C e L indicam comprimento e largura, respectivamente).

X	Tipo de equação	R ²	GL	SQRes (escala original)	Equação estimada (.f)
C	Linear	0,937	198	135,4052	-7,9904+3,3342 × C
L	Linear	0,873	198	272,9323	-7,8887+7,2806 × L
CL	Linear	0,974	198	54,9884	0,4556+0,6984 × CL
CL (0,0)	Linear	0,9791	199	58,7176	0,7266 × CL
C	Geométrica	0,8642	198	281,4712	2,4791 × C ^{0,4757}
L	Geométrica	0,8549	198	290,9764	2,4407 × L ^{0,8632}
C	Exponencial	0,8976	198	244,1188	2,2289 × 1,2431 ^C
L	Exponencial	0,8762	198	301,4296	3,2659 × 1,4168 ^L

Contudo, os modelos que consideraram apenas a largura ou o comprimento obtiveram valores de coeficiente de determinação inferiores aos que consideraram seu produto ($C \times L$), fato observado também por outros autores (CARDOZO et al., 2011; BIANCO et al., 2009). A partir das regressões lineares simples entre a área foliar real e o produto das dimensões ($C \times L$) foram obtidos os maiores valores de coeficiente de determinação, com os menores valores de resíduo (SQR). Dessa forma, essas equações resultam nas mais adequadas estimativas da área foliar de ambas as cultivares analisadas. Resultados similares foram obtidos por Cardozo et al. (2011), os quais ao realizarem análises de regressão da área foliar de *Crotalaria juncea* com o comprimento e a largura das folhas separadamente, encontraram menores valores de correlação do que aquela realizada com o produto das duas dimensões. Cardozo et al. (2009) testando diferentes métodos para calcular a área foliar de duas plantas daninhas da cana-de-açúcar, também encontraram melhores resultados ao utilizarem o produto do comprimento e da largura do que essas variáveis separadamente.

Não foram observadas diferenças significativas entre as equações que representam o produto das dimensões ($C \times L$) passando ou não pela origem. Esse padrão era esperado visto que a retirada de uma constante não afeta o comportamento dos dados (NETER;

WASSERMAN, 1974) e já foi observado por Bianco et. al (2007). As equações lineares com a reta passando pela origem apresentaram coeficiente de determinação de 0,9875 e 0,9791, para as cultivares IAC RUNNER 886 e IAC TATU ST, respectivamente. Embora a soma dos quadrados dos resíduos dessas sejam maiores, essa alteração não foi significativa.

Dessa forma, essas equações são as mais recomendadas, dada a facilidade de sua utilização e a possibilidade de estabelecimento de um fator único de correção, fato ressaltado por Bianco et al., (2007) e Cardozo et al. (2009; 2011). A estimativa da cultivar IAC RUNNER 886 pode ser obtida por $Sf = 0,7111 \times (C \times L)$, ou seja, 71,11% do produto entre o comprimento e a largura máxima do limbo foliar (Figura 1A). Já a área dos folíolos da área foliar da cultivar IAC TATU ST pode ser obtida pela equação $Sf = 0,7266 \times (C \times L)$, isto é, 72,66% do produto entre o comprimento e a largura máxima do limbo foliar (Figura 1B). Os erros encontrados para os modelos propostos para estimativa da área dos folíolos de ambas as cultivares analisadas são similares aos obtidos para outras culturas tais como, por exemplo, erro de 2% para plantas de gergelim (SILVA et. al, 2002), de 3% para plantas de girassol (MALDANER et al., 2009) e de 3% para plantas de pimenta do reino (PARTELLI et al., 2007).

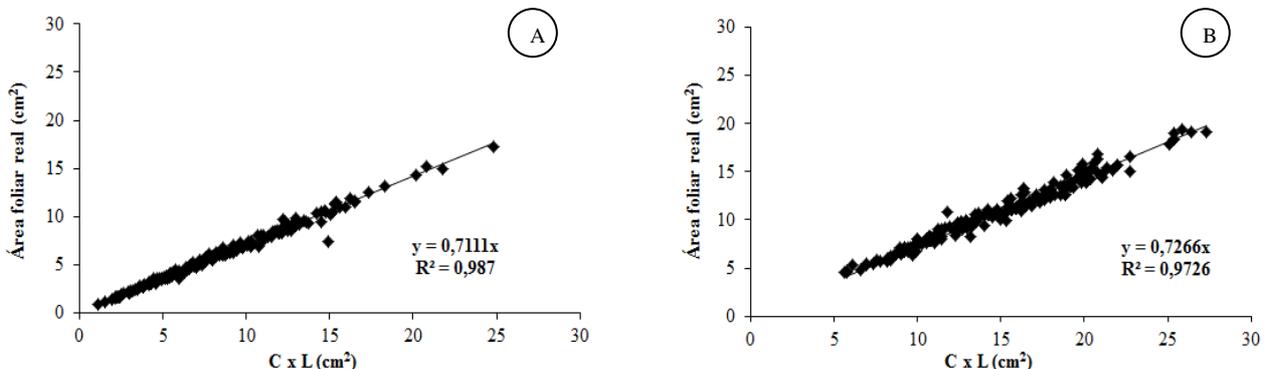


Figura 1. Regressão linear simples entre a área foliar medida e o produto do comprimento (C) pela largura (L) dos folíolos da cultivar IAC RUNNER 886 (A) IAC TATU ST (B) e coletados em 12 épocas de semeadura.

A avaliação dos modelos propostos com dados independentes é apresentada na Figura 2 e Tabela 3. Houve manutenção dos erros ocorridos, os quais permaneceram inferiores a 3% em ambos os casos analisados. Os modelos obtidos apresentaram valores de R^2 ajustado iguais a 0,9732 e 0,9742 para as cultivares IAC RUNNER 886 e IAC TATU ST,

respectivamente. Em ambos os casos os valores de F foram significativos ao nível de 1% de probabilidade, indicando que os modelos foram capazes de reproduzir os dados reais com precisão, mesmo quando aplicados em condições diferentes daquelas em que foram obtidos.

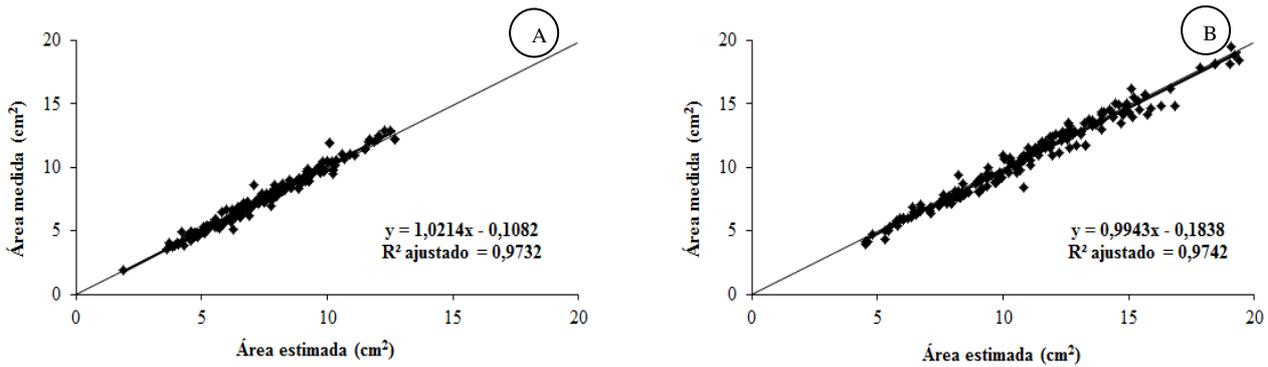


Figura 2. Regressão linear simples entre a área foliar medida e a área foliar estimada pelos fatores de forma sugeridas pelo presente trabalho para os cultivares IAC RUNNER 886 (A) IAC TATU ST (B).

Os valores de índice D (Tabela 3) foram superiores a 0,99 em ambos os casos, o que indica que os modelos conseguem produzir os valores observados com exatidão. Os modelos apresentaram ainda valores de índice C acima de 0,98, desempenho considerado “ótimo” segundo classificação proposta por Camargo e Sentelhas (1997). Em todos os casos, o coeficiente angular das equações propostas foi próximo a um, o que implica

em um erro sistemático absoluto, ou seja, que praticamente não varia ao longo da série analisada. Devido a essa característica do modelo há possibilidade de calibrar localmente os modelos de forma a que os valores estimados coincidam com os observados na linha 1:1. Contudo, deve-se ressaltar que mesmo sem a calibração local os erros obtidos foram muito pequenos, fato comprovado pelos baixos valores dos erros médios em ambos os casos.

Tabela 31. Análise de regressão, coeficientes R^2 ajustado, índice de Willmott (D), índice de confiança de Camargo (C) e erros (cm) relacionados à estimativa de valores da área dos folíolos das cultivares de amendoim IAC RUNNER 886 e IAC TATU ST.

Cultivar	b	R^2	D	C	EM	EMA
IAC RUNNER 886	1,0214	0,9732	0,9994	0,9860	0,0508	0,2556
IAC TATU ST	0,9943	0,9742	0,9993	0,9864	-0,2451	0,4353

CONCLUSÕES

Os fatores de ajuste encontrados foram: 0,7111 e 0,7266 para os cultivares IAC RUNNER 886 e IAC TATU ST, respectivamente.

Em ambos os casos, as áreas foliares podem ser estimadas com ótima precisão e exatidão a partir

de medidas de comprimento e largura de seus folíolos com um erro inferior a 3%.

AGRADECIMENTOS

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Em memória ao Prof. Dr. Clóvis Alberto Volpe

ABSTRACT: The purpose of this study was to determine a shape factor to estimate area of leaflets of two peanut cultivars (IAC TATU ST, IAC RUNNER 886). Correlation studies were conducted involving real leaf area (S_f) and leaf length (C), maximum leaf width (L) and the product between C and L. For each cultivar was determined a form factor (f) by means of regression analysis between the product of the length by the width and the actual area of leaves and the correlation between leaf area estimated by the correction factor and direct measurement. All evaluated models (linear, exponential or geometric) provided good estimates of leaf area (above 87%). Linear models had the best fit, passing or not through the origin. From a practical viewpoint, it is suggested to use the linear model involving the C and L product, using a linear coefficient equal to zero, with values of factor f equal to 0.7111 and 0.7266 for IAC RUNNER 886 and IAC TATU ST, respectively. The method of dimensions is feasible for the estimation of leaf area for both peanut cultivars, for showing good r^2 values (0.97), with errors below 3%, even when used with independent data.

KEYWORDS: Biometrics. Estimate. *Arachis hypogae* L.

REFERÊNCIAS

- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 04, p. 666-669, 2003.
- BIANCO, S.; CARVALHO, L.B.; PANOSSO, A.R.; BIANCO, M.S. Caracterização da área foliar de *Merremia aegyptia*. **Planta daninha**, Viçosa, v. 27, 2009.
- BIANCO, S.; BIANCO, M. S.; PAVANI, M. C. M. D.; DUARTE, D. J. Estimativa da área foliar de *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea nil* Roth. Usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 02, p. 325-329, 2007.
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- CARDOZO, N.P.; PARREIRA, M.C.; DO AMARAL, C.L.; ALVES, P.L.C.A.; BIANCO, S. Estimativa da área foliar de *Crotalaria juncea* L. a partir de dimensões lineares do limbo foliar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 902-907, 2011.
- CARDOZO, N. P.; PARREIRA, M. C.; ALVES, P. L. C. A.; BIANCO, S. Área foliar de duas **trepadeiras infestantes de cana-de-açúcar** utilizando dimensões lineares de folhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 04, p. 683-687, 2009.
- CARVALHO, L.B.; BIANCO, S.; GALATI, V.C.; PANOSSO, A.R. De Determination of *Merremia cissoides* leaf area using the linear measures of the leaflets. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, 2011.
- COSTA, M. da. et al. Modelos de determinação não destrutiva da área foliar da berinjela cultivada em estufa plástica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15.,2007, Aracaju - SE. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007. Disponível em CD-ROM.
- DE JESUS JR., W.C.; DO VALE, F.X.R.; COELHO, R.R.; COSTA, L.C.C. Comparison of two methods for estimating leaf area index on common bean. **Agronomy Journal** v.93, p.989-991, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997, 212 p.
- FAVARIN, J.L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A.G.; VILLA NOVA, N.A.; FAVARIN, M.G.G.V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.769-773, 2002.
- MALDANER, I.C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BERTOLUZZI, M.P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v.39, p.1356-1361, 2009.
- MONTEIRO, J.E.B.A., SENTELHAS, P.C., CHIAVEGATO, E.J., GUISELINI, C., SANTIAGO, A.V., PRELA, A. Estimção da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.15-24, 2005.
- MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; RADIN, B.; FRANÇA, S.; SILVA, M. I. G. da. Estimating the leaf area index of maize crops through the sum of degree-days. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, p. 65-71, 2005.
- NASCIMENTO, I. B., FARIAS, C. H. A., SILVA, M. C. C., MEDEIROS, J. F., ESPÍNOLA SOBRINHO, J., NEGREIROS, M.Z. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 555-558, 2002.

NETER, J.; WASSERMAN, W. **Applied models. Regressions, analysis of variance and experimental designs**. Illinois: Rechar D. Irwin, 1974, p. 842.

NIED, A. H. et al. Modelos para determinação não destrutiva da área das folhas do pepineiro cultivado em estufa plástica. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 7, n. 1, p. 15-26, 2001.

PEKSEN, E. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.) **Scientia Horticulturae**, v. 113, p. 322-328, 2007.

PARTELLI, F. L., VIEIRA, H. D., VIANA, A. P. Estimative of black pepper leaf area with basis on the leaf blade linear dimension. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1458-1461, 2007.

PERESSIN, V. A.; PITELLI, R. A.; PERECIN, D. Métodos para estimativa da área foliar de plantas daninhas. 4. *Cassia tora* L. **Planta Daninha**, v. 7, n. 2, p. 48-52, 1984.

QUEIROGA, J. L. et al. Estimativa da área foliar do feijão vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 64-68, 2003.

ROUPHAEL, Y. et al. Leaf area estimation of sunflower leaves from simple linear measurements. **Photosynthetica**, v.4 5, n. 2, p. 306-308, 2007.

SILVA, L. C.; SANTOS, J. W.; VIEIRA, D. J.; BELTRÃO, N. E. M.; ALVES, I.; JERÔNIMO, J. F. Um método simples para se estimar área foliar de plantas de gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 6, n. 1, p. 491-496, 2002.

UNESP-DCE: Departamento de Ciências Exatas-FCAV: **Normais Climatológicas de Jaboticabal**. Disponível em: www.fcav.unesp.br/estacao. Acesso em: 30/01/2013.