

MODELOS DE DETERMINAÇÃO NÃO DESTRUTIVA DA ÁREA FOLIAR DA BERINJELA CULTIVADA EM ESTUFA PLÁSTICA

NOT DESTRUCTIVE LEAF AREA DETERMINATION MODELS OF EGGPLANT CULTIVATED IN PLASTIC GREENHOUSE

Maykell Leite da Costa¹, Anderson Rafael Webler¹, Cesar Coradini¹, Ivan Carlos Maldaner²,
Fabrício Ivan Guse², Sidinei Zwick Radons¹

² Aluno de Graduação em Agronomia, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Bolsista BIC-CNPq, PRAE-UFSM e PIBIC, respectivamente

¹ Aluno Mestrado em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Rurais (CCR), UFSM, Santa Maria, RS, Brasil, Exbolsista FAPERGS

⁴ Dr., Agrometeorologia, Prof. Titular do Departamento de Fitotecnia da UFSM, RS, E-mail: heldwein@smail.ufsm.br.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 –
Aracaju – SE

RESUMO: Objetivou-se obter modelos para estimar a área foliar a partir da largura (L) e comprimento (C) das folhas de berinjela. Em intervalos semanais, foram coletadas plantas de berinjela cultivadas no solo em estufa plástica de 240 m². A área de cada limbo foliar (AF) foi determinada pelo método dos discos, sendo o máximo possível de discos e o restante da folha secados em estufa (65 °C) até peso constante. Ajustaram-se modelos lineares, quadráticos, polinomiais, exponenciais, potenciais e logarítmicos, entre AF e C ou L, ou ainda seu produto (C L), eliminando-se os que apresentaram coeficiente de determinação menor do que 0,90 e aqueles que apresentaram coeficientes angulares não significativos pelo teste t. Os modelos que melhor se ajustaram aos dados foram: potência, quadrático e linear. A área das folhas de berinjela (AF) pode ser estimada com apenas a largura da folha.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum melongena*, dimensões foliares, cultivos protegidos, .

ABSTRACT: It was objectified to get models to esteem the leaf area from the width (L) and length (C) of eggplant leaves. In weekly intervals, cultivated plants of eggplant in the ground inside a 240 m² plastic greenhouse had been collected. The area of each foliar limb (AF) was determined by the discs method, having been the maximum possible number of discs, and the remain of the leaf dried in a ventilated heated room (65 °C) until constant weight. Models had been adjusted linear, quadratic, polynomial, exponential, potential and logarithmic, between AF and C or L, or still its product (C L), eliminating the ones that had presented determination coefficient lesser of that 0,90 and those that had presented not significant angular coefficients for test t. The models that had been adjusted better to the data had been: potential, quadratic and linear. The area of eggplant leaves (AF) can be esteem with only the width of the leaf.

KEYWORDS: *Solanum melongena*, leaf dimensions, protecting crops. .

INTRODUÇÃO: A folha é principal órgão das plantas envolvido nos processos da fotossíntese e da transpiração e responsável pelas trocas gasosas entre a planta e o ambiente (Pereira et al., 1997). O processo fotossintético depende da interceptação da radiação solar e sua conversão em energia química e, portanto, o índice de área foliar (IAF), obtido pela relação entre a área foliar (AF) e a área do terreno ocupada pela cultura, pode ser considerado um parâmetro indicativo de produtividade (Favarin et al., 2002). O IAF é necessário para estudos agrônômicos e fisiológicos envolvendo crescimento vegetal (Blanco & Folegatti,

2003) e útil na avaliação de várias práticas culturais como densidade de plantio, adubação, irrigação, poda e aplicação de defensivos (Favarin et al., 2002). A determinação da AF pode ser realizada por métodos diretos ou indiretos, destrutivos ou não destrutivos. Os métodos indiretos são baseados na correlação conhecida entre uma ou mais variáveis medidas e a AF. Coelho Filho et al. (2005) avaliaram a correlação entre variáveis biométricas e área foliar em plantas de lima ácida “taipe” e indicaram a viabilidade da utilização de diâmetro de tronco e ramos para estimar AF de forma rápida, simples e não destrutiva, aplicável a campo. Os métodos diretos utilizam medidas realizadas diretamente nas folhas, permitindo o monitoramento das mesmas plantas ao longo de todo o seu desenvolvimento, reduzindo-se o número de plantas necessárias por parcela para tal determinação (Benincasa, 1988). Nesse caso são utilizados modelos matemáticos para determinar a área foliar como função do produto entre comprimento e largura do limbo foliar de plantas como o cafeeiro (Barros et al., 1973), pepineiro (Robbins & Pharr, 1987; Nied et al., 2001) dentre outras culturas, porém estes modelos nem sempre são estatisticamente melhores do que aqueles gerados com apenas uma das dimensões do limbo foliar (Robbins & Pharr, 1987; Oliveira et al., 1995; Blanco & Folegatti, 2000; Nied et al., 2001). Os métodos destrutivos exigem a retirada da folha ou outras estruturas, o que muitas vezes não é possível devido à limitação do número de plantas na parcela experimental, como é o caso dos experimentos conduzidos em ambiente parcialmente protegido. Nos métodos não destrutivos as medidas são tomadas na planta, sem necessidade de remoção de estruturas, preservando sua integridade e permitindo a continuidade das medidas na mesma planta. O objetivo do presente trabalho foi obter modelos matemáticos de estimativa da área do limbo foliar da cultura da berinjela (*Solanum melongena*) cultivada em estufa plástica, nas condições ambientais de Santa Maria, RS.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em uma estufa plástica de 240 m², localizada junto ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29°43'23"S, longitude: 53°43'15"W e altitude: 95m), no período de setembro a dezembro de 2006. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes (MORENO, 1961). O solo foi classificado como “Argissolo Vermelho distrófico arênico” (EMBRAPA, 1999), apresentando um horizonte superficial Ap, com transição para horizonte B textural a cerca de 0,3 m de profundidade. A estufa plástica possuía 24m de comprimento na orientação norte – sul e 10m de largura, com altura de 3m na parte central e 2m de pé-direito. A cobertura, em forma de arco, foi constituída por um filme transparente de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 0,150 mm de espessura. As laterais, fixas até 1m acima do nível do solo e com cortinas móveis acima deste nível, bem como as portas e as extremidades Norte e Sul foram fechadas com o mesmo filme plástico. O manejo das cortinas e portas nas extremidades para a ventilação foi realizado conforme a condição meteorológica do dia. Após o preparo e adubação do solo conforme análise, foram construídos 10 camalhões com aproximadamente 0,10m de altura, 0,30m de largura e espaçamento de 1m entre si. Estes foram cobertos com “mulching” de filme opaco de PEBD de cor preta. O transplante das mudas de berinjela ocorreu em 15/09/2006 com um espaçamento de 0,50m entre plantas na fileira. As plantas foram conduzidas com duas hastes e sustentadas por um fio de ráfia. Também manteve-se desbrota total dos ramos emergentes nas axilas das folhas. O controle de pragas e doenças foi realizado quando necessário. A irrigação nas 10 fileiras de plantas cultivadas no solo foi realizada pela manhã através de tubos gotejadores, espaçados de 0,30m entre si. Os mesmos estavam instalados sob o “mulching” e alojados em pequenos sulcos no centro dos camalhões, para evitar escorrimento de água para as bordas. A tomada de decisão para irrigar ou não e a lâmina de água a ser fornecida no dia foram definidas com base no potencial matricial de água

no solo, monitorada com tensiômetro de cápsula porosa e manômetro de mercúrio, nas condições de demanda hídrica atmosférica no momento da irrigação e no tamanho das plantas (Dalsasso et al., 1997). Foram tomadas 9 amostras de plantas ao longo do ciclo da cultura, sendo a primeira coleta em 11/10/2006 e a última em 01/12/2006. Amostraram-se três plantas aos 26 e aos 32 dias após o transplante (DAT). As demais amostras foram coletadas aos 46, 61 e aos 77 DAT, permitindo assim, abranger todo o espectro de tamanho das folhas. As folhas ativas e não danificadas foram separadas das demais partes da planta na inserção entre o limbo e o pecíolo. Em cada folha, mediram-se comprimento (C) ao longo da nervura central, considerando-se a distancia desde o ápice da folha até a inserção do pecíolo com a haste da planta, e a maior largura (L) perpendicular ao alinhamento da nervura central, ambos em cm, utilizando-se uma régua graduada em milímetros. Com auxílio de um calador de diâmetro igual a 25mm, obteve-se o número máximo possível de discos do limbo incluindo as nervuras. As amostras dos discos e o restante da folha foram acondicionados separadamente em sacos de papel e levados à estufa de secagem, com aeração forçada e temperatura de 65°C até peso constante. A massa de matéria seca das duas partes foi determinada com auxílio de uma balança eletrônica com resolução de 1 mg e precisão de 5 mg. A área total de cada folha (AF), em cm², foi determinada a partir das relações entre a massa seca dos discos (MSD), a área total dos discos (ATD) e a massa seca total das folhas (MST), isto é, $AF = MST \text{ ATD MSD}^{-1}$. Uma vez conhecida a área do limbo da folha, determinou-se sua relação com as dimensões lineares (C ou L) e seu produto (C L), através do ajuste de modelos matemáticos aos dados. Foram obtidos modelos lineares, quadráticos, cúbicos, polinomiais, potenciais, logarítmicos e exponenciais. Obteve-se também modelo de regressão linear, quadrática e cúbica com passagem forçada da função pela origem, por ser esta forma de modelo mais apropriada para estimar a área foliar (Lakitan, 1989), pois apresenta bases geométricas aceitáveis. A escolha dos melhores modelos foi feita entre os modelos que apresentaram maiores valores de coeficiente de determinação ($R^2 > 0,90$) e coeficientes angulares significativos pelo teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Foram obtidos nove modelos estimadores da área foliar que apresentaram coeficientes de determinação elevados ($R^2 > 0,90$) e coeficientes angulares significativos pelo teste t (Tabela 1). Os modelos não-lineares, potência e quadrático, revelaram valores de R^2 superiores aos obtidos por regressão linear. Os melhores resultados foram obtidos com o modelo não-linear de potência, utilizando apenas a largura (L) ou o produto da largura e comprimento (C L) da folha como variável independente (Tabela 1). A função potência, obtida entre a largura da folha e a área foliar total (Figura 1a), resultou em um alto coeficiente de determinação, onde mais de 96% da variação total da área foliar foi explicada pela sua relação com a largura das folhas, assim como o modelo com o produto da largura e comprimento da folha (Figura 1b).

Tabela 1 - Modelos de regressão para estimativa da área foliar (AF, cm²) da berinjela e respectivos coeficientes de determinação (R^2), em função do comprimento (C) e da largura máxima (L) das folhas e do seu produto (C L). Santa Maria, 2006.

Modelo	Modelo*	R^2
1	$AF = 0,8841 L^{1,9862}$	0,9687
2	$AF = 0,5335 (C \times L)^{0,9923}$	0,9681
3	$AF = 0,5038 (C \times L)$	0,9480
4	$AF = 0,3795 C^{1,9327}$	0,9429
5	$AF = 0,4355 L^2 + 14,8609 L - 89,9270$	0,9327
6	$AF = 0,1939 C^2 + 6,0873 C - 53,7640$	0,9227
7	$AF = 0,2941 C^2$ C	0,9153
8	$AF = 31,9603(L) - 215,7329$	0,9140
9	$AF = 18,6812(C) - 204,6436$	0,9012

* modelos válidos para folhas com largura entre 2 e 45 cm e comprimento entre 2 e 63cm.

Apesar dos valores de R^2 dos modelos 1 e 2 (Tabela 1) ou dos modelos 3 e 4 serem semelhantes entre si, é preferível adotar os modelos que utilizam apenas uma das dimensões da folha para a estimativa da área foliar, devido à redução em 50% no número de medições de dimensão linear a serem realizadas nas folhas. Resultados nesse sentido foram encontrados para a cultura do meloeiro a campo (Oliveira et al., 1995) e, em ambientes protegidos, para a cultura do morangueiro (Pires et al., 1999) e do pimentão (Dalmago et al., 2001).

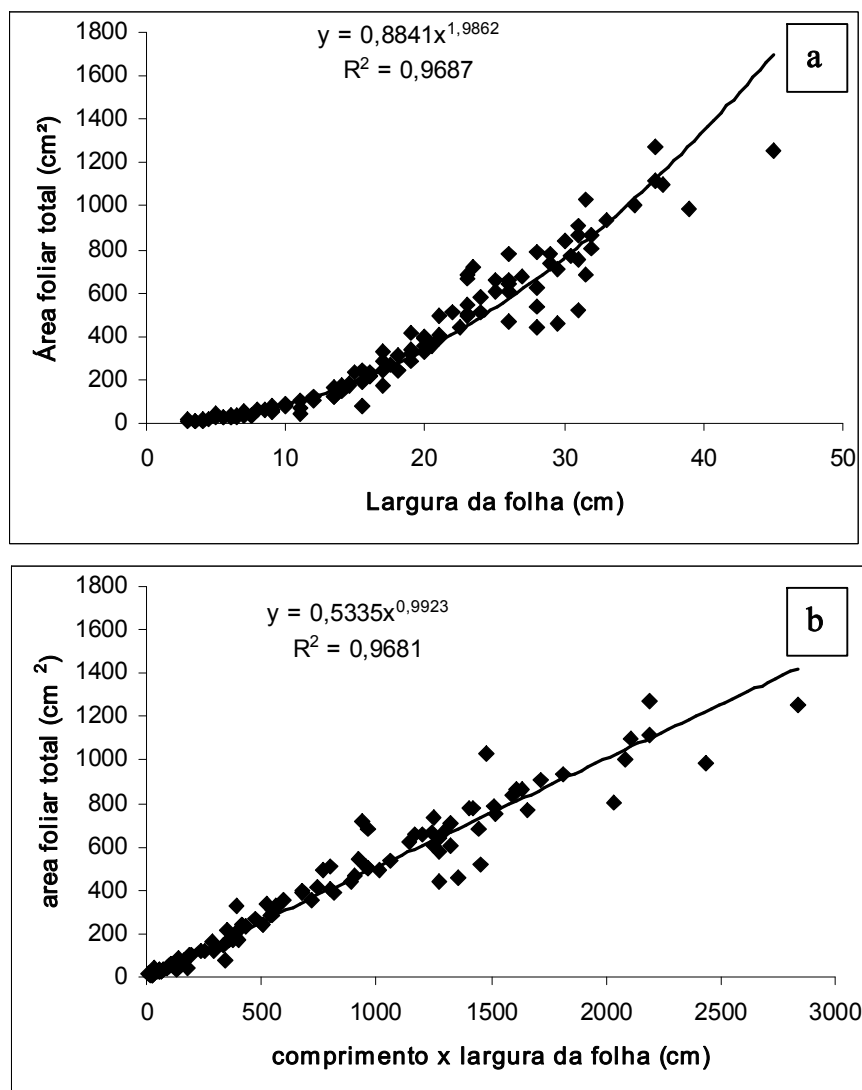


Figura 1: Área foliar total em função da largura da folha (a) e em função do comprimento x largura da folha (b) de berinjela cultivada em estufa plástica. Santa Maria, UFSM, 2006.

CONCLUSÕES: O modelo do tipo potência $y = a x^b$, é o mais adequado para estimar a área do limbo foliar em função da largura e ou comprimento das folhas de berinjela. A área das folhas de berinjela pode ser estimada com apenas a largura do limbo foliar sem prejuízo de precisão em relação a modelos similares que utilizam a largura e o comprimento da folha. Os modelos que utilizam a largura como variável independente, apresentam melhor desempenho

para se estimar a área das folhas de berinjela do que aqueles em que é utilizado apenas o comprimento das folhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGA-FILHO, L.J. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, Viçosa, v.20, n.107, p.44-52, 1973.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 41p.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Padrão de distribuição de área foliar do pepino cultivado em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília. v. 18, p. 254-256, 2000. (Suplemento julho).
- 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.4, p.666-669, outubro/dezembro 2003.
- COELHO FILHO, M.A.; ANGELOCCI, L.R.; VASCONCELOS, M.R.B.; COELHO, E.F. **Estimativa da área foliar de plantas de lima ácida 'tahiti' usando métodos não-destrutivos**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal – SP, v.27, n1, p.163-167, abril 2005.
- DALMAGO, G.A.; CONCEIÇÃO, A.L. da; HELDWEIN, A.B. **Modelos para estimar a área foliar do pimentão cultivado em estufa plástica**. Horticultura Brasileira, Brasília, 2001.
- DALSASSO, L.C.M. et al. Consumo d'água do tomateiro tipo salada em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 61-67, 1997.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília : Embrapa Produção de Informações; Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- FAVARIN, J.L. et al. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.6, p.769-773, jun. 2002.
- LAKITAN, B. Empirical model for estimating leaf area in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v.32, p.19-21, 1989.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 46 p.
- NIED, A. H. et al.. Modelos para determinação não destrutiva da área das folhas do pepineiro cultivado em estufa plástica. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 15-26, 2001.
- OLIVEIRA, A. D. de; SOBRINHO, E. J.; AMORIM, M. C. **Estimativa da área foliar do meloeiro (*Cucumis melo*, L.) em seis fases de desenvolvimento da cultura**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., Campina Grande: Sociedade brasileira de Agrometeorologia, 1995. p. 365-367.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, R. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1997. 70P.
- PIRES, C. de M.; FOLEGATTI, M. V.; PASSOS, F. A. Estimativa da área foliar do morangueiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 86-90, jul. 1999.
- ROBBINS, N.S.; PHARR, D.M. **Leaf area prediction models for cucumber from linear measurements**. **HortScience**, v. 22, n. 6, p. 1264-1266, 1987