



Bragantia

ISSN: 0006-8705

editor@iac.sp.gov.br

Instituto Agronômico de Campinas

Brasil

Dill Hinnah, Fernando; Heldwein, Arno Bernardo; Maldaner, Ivan Carlos; Loose, Luis Henrique; Pitol Lucas, Dionéia Daiane; Possebon Bortoluzzi, Mateus

Estimativa da área foliar da berinjela em função das dimensões foliares

Bragantia, vol. 73, núm. 3, 2014, pp. 213-218

Instituto Agronômico de Campinas

Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90832414001>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Estimativa da área foliar da berinjela em função das dimensões foliares

Fernando Dill Hinnah (1*); Arno Bernardo Heldwein (1); Ivan Carlos Maldaner (2); Luis Henrique Loose (1); Dionéia Daiane Pitol Lucas (1); Mateus Possebon Bortoluzzi (1)

(1) Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Fitotecnia, Av. Roraima, 1000, 97105-900 Santa Maria (RS), Brasil.

(2) Instituto Federal Farroupilha (IFF), Departamento de Fitotecnia, Rua 20 de Setembro, s/n, 97420-000 São Vicente do Sul (RS), Brasil.

(*) Autor correspondente: fhinnah@bol.com.br

Recebido: 11/mar./2014; Aceito: 20/maio/2014

Resumo

Este trabalho explora diferentes modelos não destrutivos de estimativa da área foliar de *Solanum melongela* L. através de medidas do comprimento (C) e largura (L) do limbo foliar. Para tanto, um cultivo de berinjela em estufa plástica foi conduzido no período de março a junho de 2007. Amostraram-se folhas de plantas em momentos aleatórios totalizando 186 folhas, sendo 98 utilizadas na estimativa dos parâmetros dos modelos e 88 para sua validação. As amostragens abrangiam amplo espectro de dimensões foliares, visando minimizar a raiz do quadrado médio do erro (RMSE). Elas foram realizadas aos 71, 79, 81, 85, 92 e 99 dias após o transplante. Posteriormente obteve-se o maior número possível de discos foliares com o auxílio de um calador de 25 mm de diâmetro. Correlações foram realizadas entre a área foliar obtida pelo método dos discos com as dimensões lineares de L e C, o produto entre elas (CL) e o quadrado do comprimento multiplicado pela largura (C^2L). Análises de regressão para 20 modelos foram obtidas, entre quadráticos, exponenciais, lineares, logarithmicos e de potência, dos quais 12 apresentaram coeficiente de determinação (R^2) elevado. O modelo quadrático ($Y = -5,78 + 0,4981CL - 3,263 \cdot 10^{-4}CL^2$) e o da potência ($Y = 0,4395CL^{1,0055}$) apresentaram melhores estimativas, com R^2 de 0,964 para ambos e RMSE de 33,2 e 34,4, respectivamente. Com a medida apenas de uma dimensão foliar, o modelo quadrático ($Y = -63,5 + 10,492L + 0,2822L^2$; $R^2 = 0,937$; RMSE = 44,1) apresenta-se como alternativa, pouco afetando a precisão da estimativa.

Palavras-chave: *Solanum melongela* L., índice de área foliar, modelagem.

Estimation of eggplant leaf area from leaf dimensions

Abstract

This paper explores different models of non-destructive leaf area estimates for *Solanum melongela* L. by the measure of leaf length (C) and blade width (L). The methodology involved eggplant cultivation in the greenhouse from March to June. Plant leaves were sampled at random throughout the growing season, totalizing 186 leaves, of which 98 were used to estimate the model parameters and 88 were used for model validation. The samples covered wide spectrum of leaf dimensions, in order to minimize root mean square error (RMSE). Leaves were sampled at 71, 79, 81, 85, 92 and 99 days after transplanting. The highest possible numbers of leaf discs were obtained with a 25 mm auger. Correlations were computed between the leaf area obtained by the discs method and the linear dimensions of L and C, the product of both (CL) and the square length multiplied by the width (C^2L). Regression analyses for 20 models were tested, including quadratic, exponential, linear, logarithmic and power model, of which 12 had a high coefficient of determination (R^2) value. The quadratic model ($Y = -5.78 + 0.4981CL - 3.263 \cdot 10^{-4}CL^2$) and the power model ($Y = 0.4395CL^{1,0055}$) showed the best estimates, with R^2 of 0.964 for both, and RMSE of 33.2 and 34.4, respectively. With only one leaf dimension the quadratic model ($Y = -63.5 + 10.492L + 0.2822L^2$; $R^2 = 0.937$; RMSE = 44.1) is an alternative, with little impact on the precision.

Key words: *Solanum melongela* L., leaf area index, modeling.

1. INTRODUÇÃO

A berinjela (*Solanum melongela* L.) é uma hortaliça da família das solanáceas, à qual também pertencem outras espécies cultivadas como tomates, pimentões, batata, jiló, physalis, jurubeba, tabaco, lobeira, petúnia, dentre outras de menor importância econômica. Segundo Oliveira et al.

(2011), a berinjela é cultivada no Brasil em área próxima a 1.500 ha, com aumento no consumo dos frutos devido a propriedades benéficas à saúde humana, sendo uma alternativa para produtores de hortaliças. Para o seu cultivo durante o outono em determinados locais, em razão da

ocorrência de temperaturas baixas (Heldwein et al., 2009), faz-se necessária a utilização de estufas plásticas.

O índice de área foliar (IAF) é uma variável importante quando se avalia crescimento, desenvolvimento e possível produtividade de uma cultura (Taiz e Zeiger, 2013) além de estar relacionado à necessidade hídrica para fins de irrigação (Busato et al., 2010). O rendimento é resultante da interação de diversos fatores bióticos e abióticos, sendo um deles a interceptação de energia luminosa e sua transformação em energia química (Favarin et al., 2002), portanto a superfície foliar é determinante do potencial produtivo de um cultivo. Por sua vez, a interceptação da radiação solar é diretamente dependente do IAF das plantas (Favarin et al., 2002), obtido pela razão entre a área foliar e a área horizontal de solo por ela ocupada.

Para a correta determinação da área foliar (AF) das plantas existem métodos diretos e indiretos, que são destrutivos e não destrutivos, respectivamente, sendo o direto mais utilizado (Peksen, 2007). Entretanto, o uso desses métodos não permite o acompanhamento da evolução da AF durante o desenvolvimento da cultura. Além disso, são trabalhosos e em muitos casos destroem uma grande parte amostral (Grecco et al., 2011).

Medidas precisas de IAF são necessárias para observar mudanças nessa variável decorrentes de outros fatores durante o cultivo como, por exemplo, o déficit ou excesso hídrico (Taiz e Zeiger, 2013). Um dos métodos mais utilizados para estimativa não destrutiva da área foliar é a mensuração de comprimento e largura das folhas, com sua inserção simples ou combinada em equações matemáticas que geralmente alcançam alta precisão (Blanco e Folegatti, 2005). Com uma equação simples e precisa, pode-se evitar a destruição das plantas e a utilização de integradores de área foliar de alto custo e complexos.

A determinação da área foliar com dimensões foliares lineares, como comprimento e/ou largura máximas, já foi realizada para meloeiro (Nascimento et al., 2002), feijão-vagem (Queiroga et al., 2003), pepineiro (Nied et al., 2001), girassol (Rouphael et al., 2007), nabo (Cargnelutti Filho et al., 2012) dentre outras, porém é possível obter modelos mais simples com apenas uma das dimensões do limbo foliar (Blanco e Folegatti, 2005; Maldaner et al., 2009a; Nascimento et al., 2002; Queiroga et al., 2003). Maldaner et al. (2009b) desenvolveram um modelo para estimar o IAF da berinjela de forma prática apenas pela contagem do número de folhas, porém para estudos científicos necessita-se maior precisão.

Sendo a área foliar uma importante medida de avaliação do crescimento vegetal, este trabalho visa obter modelos de estimativa da área foliar da berinjela através das medidas indiretas e não destrutivas de comprimento e largura do limbo foliar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de março a junho de 2007 em uma estufa plástica com área de 240 m², na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (29°43'23"S, 53°43'15"W e 95 m de altitude). Conforme a classificação de Köppen, o local é região de clima do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes (Moreno, 1961). O solo foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2006).

A estufa utilizada apresentava orientação norte-sul, com teto em forma de arco pampeano, altura máxima de 3,50 m no centro e pé direito lateral de 2,00 m, coberta com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) com espessura de 150 µm. As laterais eram fixas, com altura de 1 m acima do nível do solo, e cortinas móveis superiores. As cortinas e as portas para ventilação eram abertas próximo às 7h30 e fechadas por volta das 17 h, ao entardecer. Em dias com previsão de geada, a estufa era fechada às 14 h, enquanto em dias com vento “Norte”, considerado forte, a estufa permanecia fechada.

Após o preparo e adubação do solo conforme análise, foram construídos 10 camalhões com aproximadamente 0,10 m de altura, 0,30 m de largura e espaçamento de 1 m entre eles. A seguir, eles foram cobertos com *mulching* plástico de cor preta. A semeadura foi realizada em bandejas, no dia 12 de fevereiro de 2007, e as mudas acondicionadas em casa de vegetação até a data do transplante. O transplante das mudas de berinjela (cv. Napoli) ocorreu em 18 de março de 2007, quando apresentavam duas folhas expandidas, sendo cultivadas no espaçamento de 0,50 m entre plantas na fileira. As plantas foram conduzidas com duas hastes e sustentadas por fio de ráfia. Também foi realizada desbota 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 foi realizada no período da manhã, por meio de tubos gotejadores com vazão de 1,5 L h⁻¹. Esses estavam instalados abaixo do *mulching* e alojados em pequenos sulcos no centro dos camalhões, para evitar o escorramento de água para as bordas. A tomada de decisão de irrigar ou não e a lâmina de água a ser fornecida no dia foram definidas com base nos potenciais matriciais de água no solo, medidos com tensiômetro de cápsula porosa e manômetro de mercúrio, nas condições de demanda hídrica atmosférica no momento da irrigação e com base no tamanho das plantas (Dalsasso et al., 1997).

Foram tomadas amostras de folhas das plantas em seis datas ao longo do ciclo da cultura, sendo a primeira coleta aos 71 dias após o transplante (DAT), seguida de amostragens aos 79, 81, 85, 92 e 99 DAT. A partir dessa metodologia de coleta obtiveram-se folhas de um espectro de tamanhos e áreas diverso, possibilitando a elaboração de um modelo mais preciso. Em cada folha foram medidos o comprimento

(C) ao longo da nervura central, considerando-se a distância desde o ápice da folha até a inserção do pecíolo com o limbo foliar, e a maior largura (L) perpendicular ao alinhamento da nervura central.

Um calador de 25 mm de diâmetro foi utilizado para a obtenção da maior quantidade possível de discos do limbo foliar, incluindo-se as nervuras. Os discos amostrados, bem como o restante da folha foram colocados em sacos de papel e levados à estufa com aeração forçada e temperatura de 65 °C para secagem até peso constante. A massa da matéria seca 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 cm^2 , 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, $AF = \frac{MST \cdot ATD}{MSD}$. Desse modo realizaram-se análises de regressão entre as dimensões lineares (C e L), o produto delas (CL) e o quadrado do comprimento multiplicado pela largura (C^2L) e a área foliar real, selecionando-se os modelos que apresentassem alto coeficiente de determinação ($R^2 > 0,90$). Os coeficientes das equações foram testados a significância estatística de $p > 0,05$.

Nas seis avaliações utilizaram-se 186 folhas no total, para a estimação dos parâmetros e validação dos modelos, sendo que na estimação dos parâmetros foram utilizadas 98 amostras, enquanto que para a validação utilizaram-se 88. As referidas amostras foram apanhadas aleatoriamente, em cada coleta. Foram obtidos modelos quadráticos, exponenciais, lineares, logarítmicos e de potência. Para avaliação do desempenho dos modelos no teste foram utilizadas as estatísticas da raiz quadrada do quadrado médio do erro (RQME) e do erro absoluto médio (EAM). A RQME foi calculada de acordo com a proposição de Janssen e Heuberger (1995) (Equação 1) e o EAM de acordo com a Equação 2.

$$RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2}{n}} \quad (1)$$

$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{Y}_i - Y_i|}{n} \quad (2)$$

em que: \hat{Y}_i é o valor estimado; Y_i o valor observado; e n o número de observações.

O modelo final selecionado foi baseado na combinação do maior R^2 e os valores de RQME e EAM mais próximos de zero, objetivando-se selecionar por critérios de maior relação e menor erro entre os valores observados e os estimados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos 20 modelos de estimativa da área foliar da berinjela por meio da relação dos modelos matemáticos

quadráticos, exponenciais, lineares, logarítmicos e de potência, dos quais 12 relações resultaram em coeficiente de determinação elevado ($R^2 > 0,90$) (Figura 1), sendo descartados os modelos derivados de equações logarítmicas e exponenciais, devido ao baixo R^2 ($< 0,90$) e elevado RQME (> 90).

Regressões relacionando a área foliar real das plantas de berinjela com as equações obtidas através de medidas lineares (C, L, C^2L e CL) das folhas demonstraram existir correlação para essas variáveis. As equações obtidas permitem a estimativa satisfatória da área foliar da berinjela por meio das equações quadráticas, lineares e de potência, conforme demonstrado na Figura 1. O resultado do teste dos melhores modelos e seus respectivos números de apresentação é demonstrado na Tabela 1. Os modelos oriundos das equações de potência, quadrático e linear resultaram em R^2 e RQME satisfatórios. Maldaner et al. (2009a), em estimativa da área foliar do girassol, também obtiveram os melhores resultados com essas equações, demonstrando sua utilidade para esse fim. Dentro os 12 modelos, o RQME variou de 33,2 até 77,8 cm^2 e o EAM, de 23,79 a 68,59 cm^2 (Tabela 1).

A área foliar das plantas de berinjela foi melhor estimada pelos modelos que utilizaram conjuntamente as medidas de comprimento e largura, assim como encontrado por Pinto et al. (2007) para a cultura da maniçoba, sendo os modelos que apresentaram os menores valores de RQME e EAM obtidos pelo produto (CL) entre essas medidas, concordando com os resultados de Busato et al. (2010) e Monteiro et al. (2005) para estimativa da área foliar do algodoeiro e da batata, respectivamente. Esse resultado difere do encontrado para girassol (Maldaner et al., 2009a), meloeiro (Nascimento et al., 2002) e feijão de porco (Toebe et al., 2012), em que a medição apenas da largura do limbo foliar, ou do folíolo central, no caso do feijão de porco, foi suficiente para obterem-se os melhores modelos de estimativa da área foliar dessas culturas.

Quanto menor for a estatística da RQME e do EAM, menor será o erro do modelo, portanto mais adequado ao uso, visto que a equação para seu cálculo compara os dados estimados com os reais. Para medições a campo, a utilização de apenas uma das dimensões foliares facilita o trabalho, pois resulta em aproximadamente metade do tempo necessário à sua realização. Os valores de RQME e EAM para o modelo matemático quadrático (6), utilizando a medida da largura foliar, resultam 44,1 cm^2 e 31,76 cm^2 , respectivamente (Tabela 1). A partir desses resultados verifica-se que essa simplificação é possível para a estimativa da área foliar da berinjela, embora resulte em menor precisão, devendo ser considerada devido à compensação do reduzido tempo necessário nas medições e menor erro decorrente da fadiga dos operadores. Os melhores resultados foram obtidos com os modelos quadrático (1) e da potência (2) utilizando-se o produto da largura e comprimento, com RQME de 33,2 cm^2 e 34,4 cm^2 , respectivamente, e R^2 igual a 0,964 para ambos (Tabela 1).

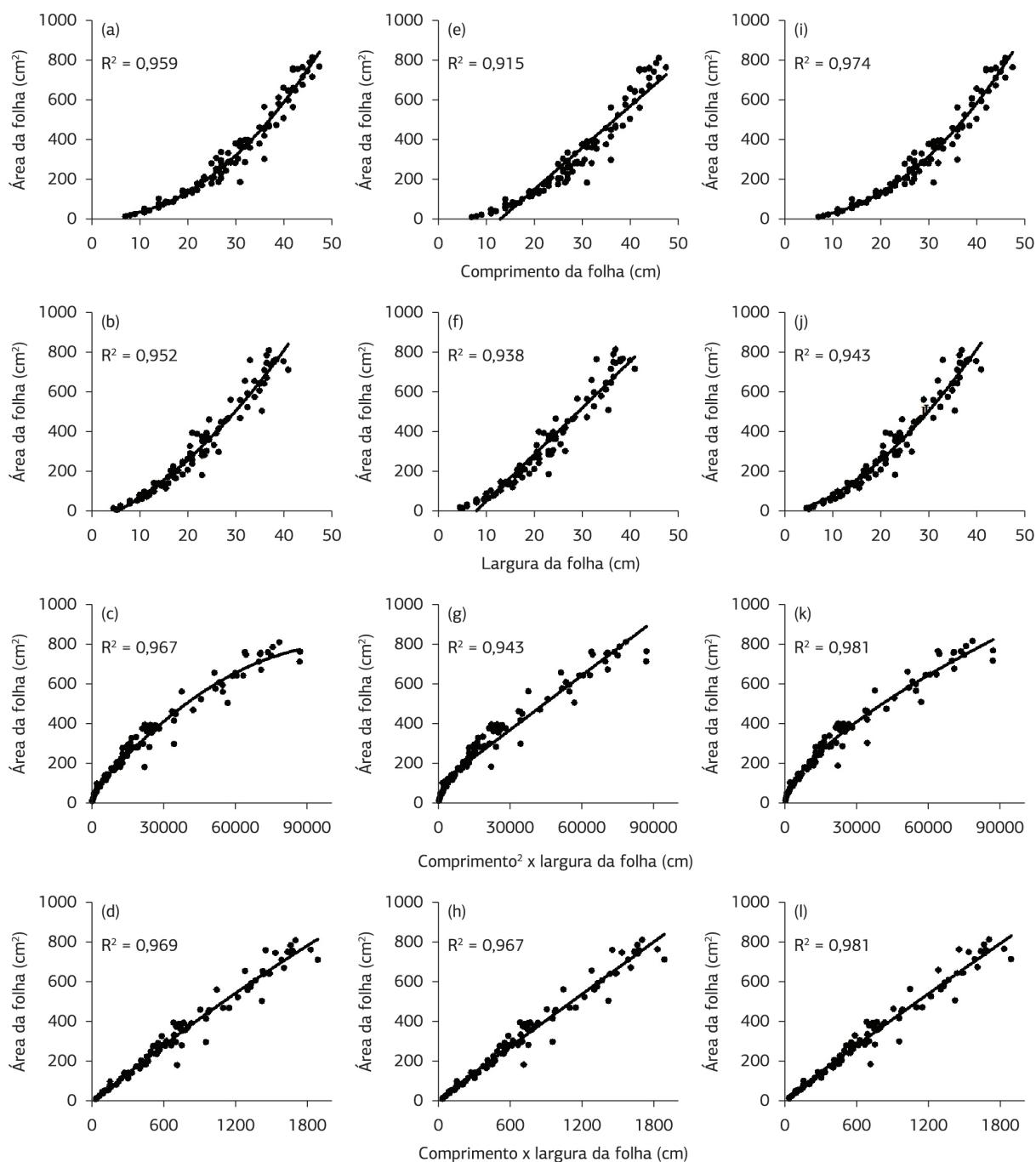


Figura 1. Regressões entre área foliar da berinjela e medidas lineares, utilizando os modelos matemáticos quadráticos (A, B, C e D), linear (E, F, G e H) e de potência (I, J, K e L).

O formato da folha e a sua variação durante o crescimento das plantas é determinante para o desenvolvimento de modelos estimadores de alta precisão (Queiroga et al., 2003). A exemplo disso, Monteiro et al. (2005) obtiveram três modelos distintos, um para cada tamanho de folha, porém indicaram a não necessidade da utilização desses modelos distintos devido à pequena melhora obtida. Dessa maneira, comumente equações únicas são calibradas para diferentes tamanhos e idade das folhas com ótima precisão, como no

caso do girassol (Maldaner et al., 2009a). Nesse sentido, as figuras 2a,b demonstram que os dois melhores modelos (1 e 2) de estimativa resultam em excelente ajuste com o crescimento da área foliar, distanciando-se levemente da linha de tendência para folhas de maior tamanho, mantendo-se porém a precisão da estimativa. Na figura 2c verifica-se também o bom ajuste da equação 6, que utiliza apenas a dimensão largura da folha.

Tabela 1. Modelos de regressão para estimativa da área foliar (cm^2) da berinjela e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) de geração do modelo, coeficiente linear (a), angular (b), de determinação (R^2) do teste do modelo, raiz quadrada do quadrado médio do erro (RQME), erro absoluto médio (EAM) em função da largura (L), comprimento (C), seu produto (CL) e o comprimento ao quadrado multiplicado pela largura (C^2L)

Nº	Modelo	R^2	---- Teste do modelo ----				
			a	b	R^2	RQME	EAM
1	$-5,78 + 0,4981CL - 0,00003263CL^2$	0,968	4,62	0,9645	0,964	33,2	23,79
2	$0,4395CL^{1,0055}$	0,981	15,55	0,9341	0,964	34,4	23,36
3	$0,3379C^2L^{0,6878}$	0,981	14,81	0,9122	0,965	37,2	26,28
4	$10,997 + 0,4401CL$	0,967	24,74	0,9727	0,965	37,0	26,24
5	$47,4 + 0,0142C^2L - 0,0000000664C^2L^2$	0,966	0,843	0,9607	0,949	40,4	29,54
6	$-63,5 + 10,492L0,2822L^2$	0,951	3,69	1,0215	0,937	44,1	31,76
7	$0,9531L^{1,8488}$	0,970	22,58	0,9740	0,932	47,7	33,01
8	$-187,2 + 23,429L$	0,938	13,53	0,9618	0,914	50,7	39,49
9	$94,6 + 0,0092C^2L$	0,943	7,45	0,9456	0,925	48,5	36,46
10	$0,2014C^{2,1609}$	0,974	17,12	0,8511	0,943	56,9	41,38
11	$17,2 - 2,6283C + 0,4196C^2$	0,959	13,42	0,8586	0,942	57,2	41,91
12	$-270,1 + 20,969C$	0,915	21,19	0,8151	0,882	77,8	68,59

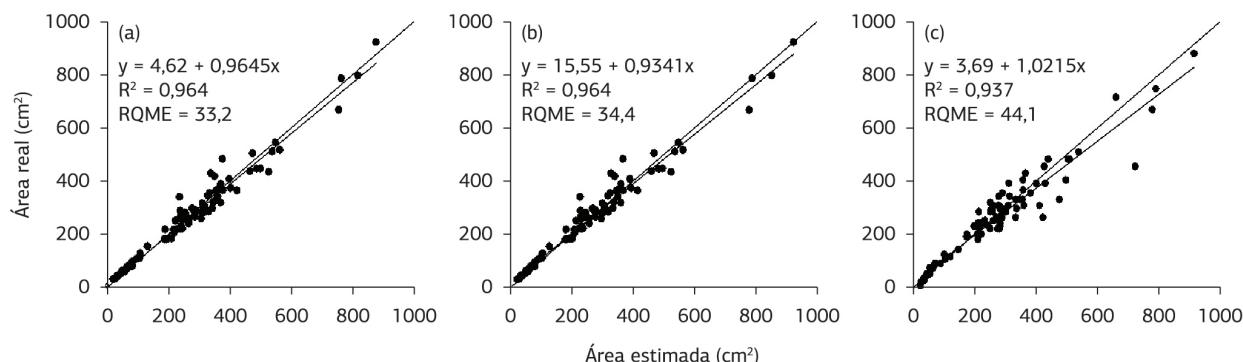


Figura 2. Teste dos modelos quadrático (A) e de potência (B), utilizando como variável de entrada o produto das medidas lineares comprimento e largura das folhas de berinjela, e quadrático (C), utilizando a medida linear da largura.

O RQME dos melhores modelos (1 e 2) é considerado baixo, pois em trabalhos de Aquino et al. (2011) e Maldaner et al. (2009a), que estimaram a área foliar do girassol, os melhores resultados demonstraram RQME de 39 cm^2 e $27,5 \text{ cm}^2$, respectivamente. Portanto, nos modelos 1 e 2, o RQME foi intermediário a esses valores, tornando-os adequados para a estimativa da área foliar da berinjela, uma vez que em uma folha com área foliar de 300 cm^2 , de ocorrência mais frequente, o erro médio é em torno de apenas 10%. Observa-se na figura 2 que as folhas com área de até 200 cm^2 estão sobre a linha 1:1, com excelente estimativa da área foliar e erro próximo a zero. Em comparação ao trabalho de Toebe et al. (2012), o EAM (modelos 1 e 2) é inferior ao estimado para a cultura do feijão de porco ($25,29 \text{ cm}^2$), visto que as folhas dessa espécie possuem uma característica morfológica mais facilmente estimada pelos

modelos matemáticos, em comparação com as folhas da berinjela.

4. CONCLUSÃO

Os modelos de estimativa da área foliar da berinjela obtidos permitem a obtenção da área foliar das plantas utilizando-se medidas indiretas e não destrutivas do limbo foliar. Os modelos que utilizam o produto entre as medidas lineares do comprimento e largura (CL) do limbo foliar estimam satisfatoriamente a área foliar da berinjela. A utilização dessa variável de entrada no modelo quadrático ($Y = -5,78 + 0,4981CL - 0,00003263CL^2$) e da potência ($0,4395CL^{1,0055}$) resultou nas melhores estimativas da área foliar. Para fins de melhor rendimento operacional pode ser utilizado o modelo quadrático da medida linear da largura ($Y = -63,5 + 10,492L0,2822L^2$).

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, FAPERGS e CAPES pela concessão das bolsas de estudo que possibilitaram a realização deste trabalho, bem como aos revisores ad hoc pelas contribuições no aperfeiçoamento do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, L.A.; SANTOS JÚNIOR, V.C.; GUERRA, J.V.S.; COSTA, M.M. Estimativa da área foliar de girassol por método não destrutivo. *Bragantia*, v.70, p.832-836, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000400015>
- BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. *Scientia Agrícola*, v.62, p.305-309, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162005000400001>
- BUSATO, C.; FONTES, P.C.R.; BRAUN, H.; BUSATO, C.C.M.; Estimativa da área foliar da batateira, cultivar Atlantic, utilizando dimensões lineares. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, p.702-708, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902010000400026>
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; FICK, A.L.; CASAROTTO, G. Estimativa da área foliar de nabo forrageiro em função de dimensões foliares. *Bragantia*, v.71, p.47-51, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052012000100008>
- DALSASSO, L.C.M.; HELDWEIN, A.B.; BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M.; STRECK, N.A.; DALMAGO, G.A. Consumo d'água do tomateiro tipo salada em estufa plástica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.5, p.61-67, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306p.
- FAVARIN, J.L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA, A.G.; NOVA, N.A.V.; FAVARIN, M.G.G.V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.769-773, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002000600005>
- GRECCO, E.D.; SILVEIRA, L.F.V.; LIMA, V.L.S.; PEZZOPANE, J.E.M. Estimativa do índice de área foliar e determinação do coeficiente de extinção luminosa da abóbora *Cucurbita moschata* var. japonesa. *Idesia (Arica)*, v.29, p.37-41, 2011. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292011000100006>
- HELDWEIN, A.B.; BURIOL, G.A.; STRECK, N.A. O clima de Santa Maria. *Ciência & Ambiente*, v.38, p.43-58, 2009.
- JANSSEN, P.H.M.; HEUBERGER, P.S.C. Calibration of process-oriented models. *Ecological Modelling*, v.83, p.55-66, 1995. [http://dx.doi.org/10.1016/0304-3800\(95\)00084-9](http://dx.doi.org/10.1016/0304-3800(95)00084-9)
- MALDANER, I.C.; GUSE, F.I.; STRECK, N.A.; HELDWEIN, A.B.; LUCAS, D.D.P.; LOOSE, L.H. Filocrono, área foliar e produtividade de frutos de berinjela conduzidas com uma e duas hastes por planta em estufa plástica. *Ciência Rural*, v.39, p.671-677, 2009b. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000013>
- MALDANER, I.C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BORTOLUZZI, M.P. Modelos de determinação não destrutiva da área foliar em girassol. *Ciência Rural*, v.39, p.1356-1361, 2009a. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000008>
- MONTEIRO, J.E.B.A.; SENTELHAS, P.C.; CHIAVEGATO, E.J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A.V.; PRELA, A. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. *Bragantia*, v.64, p.15-24, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052005000100002>
- MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 46p.
- 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*, v.20, p.55-558, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362002000400009>
- NIED, A.H.; DALMAGO, G.A.; HELDWEIN, A.B.; WILSMANN, S. Modelos para determinação não-destrutiva da área das folhas do pepineiro cultivado em estufa plástica. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.7, p.15-26, 2001.
- OLIVEIRA, F.A.; CAMPOS, M.S.; OLIVEIRA, F.R.A.; OLIVEIRA, M.K.T.; MEDEIROS, J.F.; MELO, T.K. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.6, p.37-45, 2011. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v6i1a807>
- PEKSEN, E. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientia Horticulturae*, v.113, p.322-328, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2007.04.003>
- PINTO, M.S.C.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA, W.E.; ARRUDA, F.P.; ANDRADE, M.V.M. Modelo para a estimativa da área foliar da maniçoba. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, p.391-395, 2007.
- QUEIROGA, J.L.; ROMANO, E.D.U.; SOUZA, J.R.P.; MIGLIORANZA, E. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. *Horticultura Brasileira*, v.21, p.64-68, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362003000100013>
- ROUPHAEL, Y.; COLLA, G.; FANASCA, S.; KARAM, F. Leaf area estimation of sunflower leaves from simple linear measurements. *Photosynthetica*, v.45, p.306-308, 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/s11099-007-0051-z>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 820p.
- TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BURIN, C.; FICK, A.L.; NEU, I.M.M.; CASAROTTO, G.; ALVES, B.M. Modelos para estimativa da área foliar de feijão de porco por dimensões foliares. *Bragantia*, v.71, p.37-41, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052012005000010>