

## **MODELOS NÃO DESTRUTIVOS DE DETERMINAÇÃO DE ÁREA FOLIAR EM BERINJELA**

**ÁLVARO HENRIQUE CÂNDIDO DE SOUZA<sup>1</sup>, ROBERTO REZENDE<sup>2</sup>, MARCELO  
ZOLIN LORENZONI<sup>3</sup>, CÁSSIO DE CASTRO SERON<sup>3</sup>, ANDRÉ MALLER<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Engenheiro Agrícola, Mestrando em Agronomia, DAG - Departamento de Agronomia, PGA - Programa de Pós Graduação em Agronomia, UEM - Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, (44) 9894-4272, alvarohcs@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, Professor Doutor, DAG/UEM, Maringá-PR

<sup>3</sup> Engenheiro Agrícola, Mestrando em Agronomia, DAG/PGA/UEM, Maringá-PR

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia, DAG/PGA/UEM, Maringá-PR

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

**RESUMO:** A área do limbo foliar é uma variável importante quando se quer avaliar crescimento e desenvolvimento de um vegetal. Os objetivos deste trabalho foram obter e testar modelos matemáticos não destrutivos de estimativa da área foliar através de medidas do comprimento (C) e largura (L) do limbo foliar de *Solanum melongena* L. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no período de outubro de 2014 a janeiro de 2015. As folhas das plantas de berinjela foram amostradas em 26, 41, 61 e 82 dias após o transplante. A área foliar foi quantificada pelo software Quant v.1.0.2. e suas dimensões lineares foram medidas com um paquímetro digital. Foram correlacionadas as medidas de área foliar quantificada pelo software (AF) pelas dimensões lineares C e L, o produto entre elas (CL), o quadrado do comprimento multiplicado pela largura (C<sup>2</sup>L) e pelo comprimento multiplicado pelo quadrado da largura (CL<sup>2</sup>). Foram analisadas as regressões nos modelos lineares, quadráticos, potenciais, exponenciais e logarítmicos. O modelo quadrático  $Y = -0,06077 + 0,70613(CL) - 0,00031(CL)^2$  apresentou melhor estimativa de área foliar com R<sup>2</sup> de 0,9878 e um índice de confiança de 0,9908.

**PALAVRAS-CHAVE:** Área foliar, Modelagem, *Solanum melongena* L.

## **NON-DESTRUCTIVE MODELS FOR DETERMINATION OF LEAF ÁREA IN EGGPLANT**

**ABSTRACT:** The area of the leaf blade is an important variable for evaluation of growth and development of a plant. The objectives of this study were to obtain and test non-destructive mathematical models to estimate leaf area by measuring the length (C) and width (W) of the leaf blade of *Solanum melongena* L. The experiment was conducted in a greenhouse from October 2014 to January 2015. The leaves of eggplant plants were sampled at 26, 41, 61 and 82 days after transplantation. Leaf area was quantified by the Quant software v.1.0.2. and their linear dimensions were measured with a digital caliper. The leaf area measures quantified by software (AF) by the linear dimensions C and L were correlated, the product between them (CL), the square of the length multiplied by width (C<sup>2</sup>L) and the length multiplied by the square of width (CL<sup>2</sup>). Regressions were analyzed in linear, quadratic, potential, exponential and logarithmic. The quadratic model  $Y = -0.06077 + 0.70613 (CL) - 0.00031 (CL)^2$  showed better estimate of leaf area with R<sup>2</sup> of 0.9878 and 0.9908 confidence index.

**KEYWORDS:** Leaf area, Modeling, *Solanum melongena* L.

**INTRODUÇÃO:** A berinjela é uma hortaliça da família das solanáceas, assim como o tomate, batata, pimentão, dentre outras de menor importância econômica. Por reduzir o colesterol e o risco de doenças cardíacas, que hoje é responsável por mais de 10% da causa de morte no mundo, a berinjela possui grande potencial futuro. A área foliar de uma cultura interfere na interceptação da radiação solar e na troca de água e energia entre a folha e a atmosfera, por este motivo é uma variável importante quando se pretende avaliar o crescimento, desenvolvimento e possível produtividade de uma cultura (TAIZ e ZEIGER, 2013). Para a correta determinação da área foliar (AF) das plantas existem métodos diretos e indiretos, que são destrutivos e não destrutivos, respectivamente. Os métodos destrutivos não permitem o acompanhamento da evolução da AF durante o desenvolvimento da cultura, uma vez que a amostra é perdida. Métodos não destrutivos como a determinação da área foliar a partir das dimensões foliares (comprimento e/ou largura máxima do limbo foliar), já foram realizados para a berinjela (Hinnah et al., 2014), nabo (Cargnelutti Filho et al., 2012), meloeiro (Nascimento et al., 2002) dentre outras. Considerando a área foliar uma importante medida na avaliação do crescimento vegetal, o objetivo deste trabalho foi obter modelos de estimativa de área foliar da berinjela a partir das medidas indiretas e não destrutivas de comprimento e largura do limbo foliar.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi conduzido no período de setembro de 2014 a janeiro de 2015 em casa de vegetação situada no Centro Técnico de Irrigação (CTI) do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Maringá, Paraná, 23°25' latitude sul e 51°57' longitude oeste de Greenwich a 542 m de altitude média. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa Mesotérmico Úmido, caracterizado por chuvas abundantes no verão e invernos secos. As médias de precipitação pluviométrica anual chegam a 1500 mm. As médias das temperaturas mínimas e das máximas são 10,3°C e 33,6°C, respectivamente. A temperatura média anual é de 21,8°C e a média anual da umidade relativa do ar é igual a 66%. Cada planta foi cultivada em embalagens plásticas de 18 L. O solo utilizado foi um Latossolo vermelho distrófico de textura arenosa. Fez-se a calagem 30 dias antes do transplante de mudas e a adubação de plantio foi realizada 20 dias após a calagem, conforme a análise de solo. A semeadura foi realizada em bandejas de plástico, no dia 18 de setembro de 2014. O transplante das mudas de berinjela (cv. Ciça) ocorreu em 30 de outubro de 2014, quando apresentavam 4 folhas definitivas, sendo cultivadas no espaçamento de 0,8 m entre plantas e 1,2 m entre fileiras. A desbrota foi realizada nos brotos abaixo da primeira flor. As plantas foram tutoradas por estacas de bambu. O controle de pragas e doenças foi realizado quando necessário. A irrigação foi realizada por meio de tubos gotejadores com vazão de 4,0 L h<sup>-1</sup>. O manejo de irrigação foi realizado pelo método gravimétrico, com auxílio de uma balança com capacidade de 50 kg e 2 g de precisão, para isto fez-se necessário determinar com o auxílio de tensiômetros, o peso do vaso a 5 kPa (Umidade na capacidade de campo) e a 15 kPa (Umidade crítica recomendada para a cultura da berinjela). Foram tomadas amostras de folhas das plantas em quatro datas ao longo do ciclo da cultura, sendo a primeira coleta aos 26 dias após o transplante (DAT), seguida de amostragens aos 41, 61 e 82 DAT. Em cada folha foi mensurado o comprimento (C) ao longo da nervura central (do ápice da folha até a inserção do pecíolo com o limbo foliar) e a maior largura (L) do limbo perpendicular ao alinhamento da nervura central. Para determinação da área foliar de cada folha, foi realizada a calibração de um scanner da impressora HP Photosmart modelo C4280 com o software Quant v.1.0.2. Foram digitalizadas algumas figuras com áreas já conhecidas pelo scanner e a área foi calculada pelo software, as áreas foram confrontadas e apresentaram um coeficiente de determinação de 99% ( $R^2 = 0,90$ ), a uma significância estatística de  $p > 0,05$ , o que possibilitou a utilização do scanner e do software para mensuração da área foliar dos limbos foliares. Foram utilizadas 362 folhas no total, para a estimação dos parâmetros e validação dos modelos. Foram obtidos modelos lineares, quadráticos, potenciais, logarítmicos e exponenciais. Para validar as equações foram utilizados alguns índices: precisão (r), exatidão (d) e de confiança (c), onde a precisão é a dispersão dos valores em torno da média e é dado pelo coeficiente de determinação ( $r^2$ ) que indica o grau de dispersão dos dados obtidos, ou seja, o erro aleatório. Porém o  $r^2$  pode indicar alta precisão da estimativa, embora possua a possibilidade de apresentar vício de origem, com grande erro sistemático, podendo resultar em

informação precisamente errada. A exatidão (concordância) pode ser avaliada graficamente pelo afastamento dos pontos cotados no gráfico de regressão em relação à reta de valores iguais, 1:1. Para quantificar matematicamente essa aproximação, foi desenvolvido por Willmott (ROBINSON & HUBBARD, 1990). Seus valores variam de 0,0 para nenhuma concordância e, 1,0 para concordância perfeita entre eles. O modelo da equação de exatidão é apresentado na equação 1.

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum(P_i - O_i)^2}{\sum(|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \right] \quad (1)$$

Em que,

- d = coeficiente de concordância ou exatidão;
- P<sub>i</sub> = valores previstos ou estimados;
- O<sub>i</sub> = valores observados;
- O = média dos valores observados.

Para reunir as indicações do coeficiente de precisão (r) e de exatidão (d) foi proposto um índice de confiança (c), o qual corresponde o produto: c = r x d, em que c = 1 significa confiança perfeita e c = 0, confiança nula.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Foram obtidos 25 modelos de estimativa de área foliar da berinjela por meio da relação dos modelos matemáticos lineares, quadráticos, potenciais, logarítmicos e exponenciais. Na Tabela 1 são apresentados os índices de validação para as regressões que possuem a área foliar real das plantas de berinjela relacionada com as equações obtidas através de medidas lineares C, L, C . L, C<sup>2</sup> . L, C . L<sup>2</sup>, onde C é o comprimento do limbo foliar e L é a largura. A partir da Tabela 1, verifica-se que o melhor modelo para estimar a área foliar é o modelo quadrático com o produto de comprimento e largura (C . L) do limbo foliar, pois apresenta o maior índice de confiança. Conforme os valores obtidos de índice de validação da regressão são possíveis a utilização de outros modelos, nota-se que os modelos quadráticos e potenciais apresentam maior confiança que os demais para todas as medidas lineares. HINNAH et al. (2014) estudaram modelos para estimativa de área foliar da berinjela e concluíram que o produto entre as medidas lineares do comprimento e largura (CL) do limbo foliar estimam satisfatoriamente a área foliar da berinjela e relata que o modelo quadrático e potencial são os melhores para ajustar os dados.

TABELA 1. Índices de validação de equações para diferentes modelos e diferentes dimensões foliares.

	Medida linear do limbo foliar														
	C			L			C . L			C <sup>2</sup> . L			C . L <sup>2</sup>		
	Índice de validação da regressão														
	d	r	c	d	r	c	d	r	c	d	r	c	d	r	c
1	0,972	0,947	0,920	0,998	0,961	0,959	0,874	0,993	0,868	0,978	0,957	0,936	0,978	0,957	0,935
2	0,983	0,968	0,952	0,998	0,973	0,971	0,997	0,994	0,991	0,991	0,983	0,975	0,991	0,983	0,974
3	0,983	0,967	0,950	0,999	0,972	0,971	0,996	0,993	0,989	0,994	0,989	0,984	0,995	0,991	0,986
4	0,914	0,852	0,779	1,000	0,882	0,882	0,935	0,884	0,827	0,416	0,878	0,365	0,937	0,887	0,831
5	0,846	0,859	0,727	1,000	0,874	0,874	0,456	0,628	0,286	0,225	0,487	0,110	0,260	0,497	0,129

\* (Modelo): 1 – linear, 2 – quadrático, 3 – potencial, 4 – logarítmico e 5 – potencial. Índice de validade: d – exatidão, r – precisão e c – confiança.

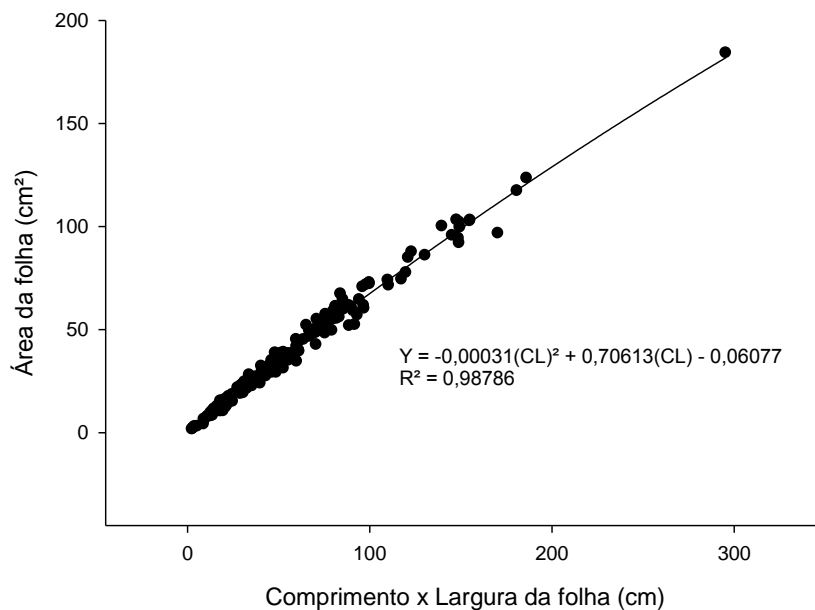


FIGURA 1. Regressão entre área foliar da berinjela e medidas lineares, utilizando o modelo matemático quadrático.

#### CONCLUSÕES:

Os modelos de estimativa de área foliar da berinjela permitem a determinação da área foliar sem destruir a amostra a partir de medidas indiretas. O modelo com maior índice de confiança (0,991), é descrito pela equação:  $Y = -0,06077 + 0,70613(CL) - 0,00031(CL)^2$ , onde Y é a área do limbo foliar, C é o comprimento do limbo foliar e L é a largura.

#### REFERÊNCIAS:

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 820p.
- 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.
- HINNAH, F. D.; HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; LOOSE, L. H.; PITOL LUCAS, D. D.; BORTOLUZZI, M. P. Estimativa da área foliar da berinjela em função das dimensões foliares. Bragantia, v. 73, n. 3, 2014.
- 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.
- ROBINSON, J.M.; HUBBARD, K.G. Soil water assessment model for several crops in the High Plains. *Agronomy Journal*, Madison, v.82,p.1141-1148, 1990.