



AJUSTE, VALIDAÇÃO E COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS PREDITORES DE ÁREA FOLIAR DA ABOBRINHA ITALIANA

André Maller¹, Roberto Rezende², Jhonatan Monteiro de Oliveira³, Mariana Gomes Brecansin⁴, Ânderson Takashi Hara⁵, Paulo Sérgio Lourenço de Freitas⁶

RESUMO: Métodos indiretos de medida de área foliar são precisos, simples e preservam a folha na planta, o que permite diversas análises ao longo do ciclo. A área de uma folha apresenta relação com suas medidas lineares de largura e comprimento, por isto é possível estimá-la por meio de um modelo. Apesar de ser possível encontrar diversos modelos preditores de área foliar na literatura, é comum utilizar um modelo para um genótipo diferente daquele utilizado para ajustá-lo, o que pode resultar em estimativas pouco confiáveis. Este trabalho teve por objetivo comparar a confiabilidade da estimativa da área foliar de *Cucurbita pepo* L. variedade Novita Plus por modelos ajustados pelo autor com a estimativa foliar obtida por dois modelos ajustados para outros genótipos. Concluiu-se que a utilização de modelos ajustados para outros genótipos pode incorrer em estimativas pouco confiáveis.

PALAVRAS-CHAVE: dimensões foliares, erro sistemático, método não destrutivo, *Cucurbita pepo*

1. INTRODUÇÃO

A folha é o órgão vegetal responsável, entre outras funções, pela maior parte da interceptação da energia luminosa, transpiração e produção de fotoassimilados. Por isso, a área foliar é uma importante variável para muitos estudos agrônômicos e fisiológicos que envolvem eficiência fotossintética, evapotranspiração, manejo nutricional e da irrigação, espaçamento entre linhas de plantio e o crescimento das plantas (ZUCOLOTO *et al.*, 2008).

Para determinação da área foliar existem atualmente duas maneiras descritas quanto à forma de obtenção, ou seja, o método direto e o indireto. O método indireto baseia-se na correlação por meio de modelos matemáticos entre uma ou mais medidas lineares e a área foliar (ADAMI *et al.*, 2008).

Devido a necessidade de se estimar a área foliar, muitas vezes são utilizados modelos ajustados para outras plantas que apresentam morfologia foliar semelhante, o que pode incorrer em estimas pouco confiáveis. Esse trabalho tem por objetivo ajustar e validar modelos preditores da área foliar de *Cucurbita pepo* L. variedade Novita Plus e avaliar a qualidade da estimativa de modelos ajustados para outras variedades.

¹Doutorando pelo Programa de Pós Graduação em Agronomia – PGA na Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá – PR, Bolsista CAPES, anmaller@hotmail.com

²Professor Doutor, Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, rrezende@uem.br

³Mestrando, Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, Bolsista CAPES, jhonatan25monteiro@gmail.com

⁴Mestrando, Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, Bolsista CAPES, mari.brecansin@gmail.com

⁵Doutorando, Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, Bolsista CAPES, haratakashi@hotmail.com

⁶ Professor Doutor, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, psfrefreitas@hotmail.com

2. MATERIAL E MÉTODOS

O solo onde foi instalado o experimento é classificado como Nitossolo Vermelho distroférico. A semeadura foi realizada em bandejas de 200 células no dia 17 abril de 2012 e o transplante foi realizado 24 dias após a semeadura (DAS). A área experimental apresentou dimensão de 24 x 6 m, com seis aspersores espaçados 12 x 12 m. Adotou-se um espaçamento de 1 m entre linhas de plantio e 0,8 plantas por metro, totalizando 180 plantas na área experimental. Foi realizada a adubação de base de acordo com a análise de solo e recomendação de FILGUEIRA *et al.*, (2008). A irrigação foi realizada quando a tensão de água no solo apresentava 20 kPa, elevando-se a umidade até valores próximos à capacidade de campo.

A colheita das folhas foi realizada entre os dias 26 junho de 2012 e 21 de agosto de 2012, uma vez por semana, desbastando cada planta de maneira a deixar três folhas por planta, respeitando um intervalo de coleta de 10 dias para cada planta. Em cada operação foram coletadas aproximadamente 50 folhas, totalizando 457 dados experimentais. Para o ajuste dos modelos, foram utilizadas as medidas lineares comprimento (cm) e de largura (cm) como variáveis independentes e área foliar (cm²) como variável dependente. Para a medida do comprimento da folha considerou-se a extremidade da inserção do pecíolo até a extremidade terminal da nervura central. Para a medida da largura da folha, tomou-se a maior medida perpendicular à nervura central.

A área foliar foi medida por meio do método da imagem digital, utilizando o software Quant e com o auxílio de uma câmera fotográfica digital Sony DSC –W570. A folha foi fotografada a uma distância de 40 cm sobre um fundo branco. A planificação da folha foi realizada por meio de uma superfície de vidro com uma espessura de 2 mm colocada sobre a folha, com dimensão de 0,6 x 0,6 m. As folhas sinuosas foram recordadas antes de serem planificadas, a fim de se evitar as dobraduras.

Foram utilizados dois modelos retirados da literatura para comparação (Tabela 1). Tais modelos foram ajustados para *Cucurbita maxima* x *C. moschata* cultivar Tetsukabuto (SILVA *et al.*, 1998) e um conjunto de seis variedades de *Cucurbita pepo* L. (NESMITH, 1992) cujas variáveis e coeficientes são $-2,5 + 0,77 L^2$ e $47,37 + 0,62 L^2$ respectivamente. Foram utilizados 153 dados no teste dos modelos.

A comparação do desempenho dos modelos foi realizada com o coeficiente de correlação linear (r), o índice de concordância (d), o erro médio (ME), o erro médio absoluto (MAE) e o erro médio relativo (EMR). As seguintes expressões foram empregadas:

$$ME = n^{-1} \sum_{i=1}^n (M_i - E_i) \quad (1)$$

$$MAE = n^{-1} \sum_{i=1}^n |M_i - E_i| \quad (2)$$

$$EMR = n^{-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|M_i - E_i|}{M_i} \right) \quad (3)$$

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - M_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{M}| + |M_i - \bar{M}|)^2} \quad (5)$$

Em que:

E_i – valor estimado da observação i

M_i – valor medido da observação i

\bar{M} – média dos valores medidos

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas medidas lineares da folha e a respectiva área foliar, foram ajustados um conjunto de nove modelos utilizando 292 dados experimentais. Dentre os modelos que utilizam apenas a variável independente L , foi selecionado o com menor SQR para a etapa de validação. O mesmo foi feito dentre os modelos que utilizam como variável independente a multiplicação de C_p e L (Tabela 1). Nos dois casos o modelo geométrico apresentou a menor SQR.

Tabela 1 – Modelos ajustados pela técnica dos mínimos quadrados.

Designação do modelo	Tipo do modelo	Variáveis e coeficientes	R^2	SQR
A*	Geométrico	$-9,148 + 1,417 L^{1,756}$	0,975	77696,1758
B*	Geométrico	$25,757 + 0,584 (C_p L)^{1,756}$	0,978	69639,0937

* - Todos os coeficientes significativos pelo teste t ($p < 0,05$); ^{ns} - Um ou mais coeficientes não são significativos pelo teste t ($p < 0,05$); SQR – Soma de quadrados do resíduo; C_p - Comprimento da folha em cm; L - Largura da folha em cm

É importante definir o intervalo dos valores medidos dos dados utilizados para ajustar o modelo, uma vez que os modelos foram propostos para estimar a área foliar no intervalo utilizado no ajuste. A relação entre as variáveis dependente e independente pode não ser linear fora do domínio do conjunto de dados (NAGHETTINI e PINTO, 2007). Em consequência disso, as estimativas de área foliar utilizando valores de C_p e L fora deste intervalo não são confiáveis. Os valores de C_p e L variaram entre 5,1 e 25,3 cm e entre 6,3 e 29,9 cm respectivamente.

Na Tabela 2 são apresentados o erro médio, o erro médio absoluto, o erro médio relativo o coeficiente de correlação da área foliar medida com a área foliar estimada, o índice de concordância e o índice de confiança dos modelos A, B, C e D. O desempenho dos modelos pode ser diferenciado pelo erro médio absoluto, em que o modelo geométrico de variável independente L apresenta o menor valor. Os modelos ajustados para a cultivar Novita Plus viés menores que os modelos retirados da literatura, o que sugere que uma das causas do erro sistemático seja a cultivar utilizada no ajuste do modelo. Todos os modelos ajustados para outras cultivares apresentaram MAE e EMR superior aos modelos com as folhas da cultivar em estudo.

Tabela 2 – Índice de confiança, coeficiente de correlação, índice de concordância e erro médio dos modelos selecionados para etapa de validação.

Modelo	MAE	ME	EMR	r	d
A	14,69	-1,07	7%	0,96	0,98
B	16,30	-1,20	9%	0,96	0,98
C	29,97	-25,74	13%	0,96	0,96
D	37,87	-33,44	26%	0,96	0,96

4. CONCLUSÕES

1. A utilização de modelos não ajustados para a cultivar Novita Plus apresentam alta precisão, mas menor desempenho do que modelos ajustados para a própria variedade.

2. O modelo A é recomendado para a estimativa da área foliar para a cultivar em estudo, pois apresentou o melhor desempenho na estimativa da área foliar. Além disso, utiliza-se apenas uma dimensão foliar como variável independente, o que agiliza o processo de coleta de dados no campo.

3. Os modelos ajustados para outras variedades, apresentam erro sistemático maior que ajustados com a própria variedade.

5. REFERÊNCIAS

ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAN, D. L.; FARIA, R. T. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, v.27, p.1053-1058, 2008.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421p.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. **Hidrologia Estatística**. 1. ed. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 561 p.

NESMITH, D.S. Estimating summer squash leaf area nondestructively. **Hortscience**, v.27, p.77, 1992.

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, p.287-291, 1998.

ZUCOLOTO, M.; LIMA, J.S.S.; COELHO, R.I. Modelo matemático para estimativa da área foliar total de bananeira 'Prata-Anã'. **Revista brasileira de fruticultura**, v.30, p.1152-1154, 2008.