



AJUSTE, VALIDAÇÃO E COMPARAÇÃO DE MODELOS PREDITORES DE ÁREA FOLIAR DE ABOBRINHA ITALIANA (*Cucurbita pepo*)

*Jhonatan Monteiro de Oliveira*¹; *Roberto Rezende*²; *Mariana Gomes Brescansin*³; *Ânderson Takashi Hara*⁴; *André Maller*⁵; *Paulo Sérgio Lourenço de Freitas*⁶

RESUMO: A fotossíntese pode ser definida como o processo de conversão da energia luminosa em energia química pela planta. As reações fotossintéticas ocorrem com maior intensidade nas folhas, por isso o incremento da área foliar favorece o aumento da fotoassimilação de carbono, produção de matéria seca e enchimento de frutos. Dentre as várias metodologias de estimativa da área foliar, citam-se os métodos diretos, que pressupõem a destruição da amostra, e os métodos indiretos, que mantêm a folha intacta na planta. Os métodos indiretos apresentam a vantagem de permitir diversas amostragens durante o ciclo, serem rápidos e relativamente precisos. Um dos métodos indiretos é a utilização de modelos que relacionam a área foliar com medidas lineares da folha. Devido ao grande número de variedades disponíveis, muitas vezes utiliza-se um modelo ajustado com uma variedade diferente daquela que se deseja obter a área foliar, o que poderia resultar em aumento dos erros na estimativa. Conclui-se que os modelos ajustados com medidas foliares da variedade Anita F1 apresentam maior desempenho do que modelos ajustados com outras variedades, o que corrobora a hipótese de que os modelos são específicos em nível de variedade para *Cucurbita pepo*.

PALAVRAS-CHAVE: desempenho, imagem digital; medidas lineares

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 (Blanco e Folegatti, 2005).

Para determinação da área foliar existem atualmente duas maneiras descritas quanto à forma de obtenção. O método direto é destrutivo e consiste na colheita das folhas e análises em laboratório. O método da imagem digital é um método direto que consiste na captura da imagem do objeto por meio de uma câmera digital, seguido do

¹ Mestrando, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá - Paraná, Bolsista CAPES, jhonatan25monteiro@gmail.com

² Professor Doutor, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá - Paraná. rrezende@uem.br

³ Mestranda, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, Bolsista CAPES, mari.brescansin@gmail.com

⁴ Doutorando, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, Bolsista CAPES, haratakashi@hotmail.com

⁵ Doutorando, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, Bolsista CAPES, anmaller@hotmail.com

⁶ Professor Doutor, Programa de Pós-graduação em de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, pslfreitas@uem.br

processamento da imagem através de um software. O método indireto tem por base a correlação de uma ou mais medidas lineares e a área foliar por meio de modelos matemáticos (Adami et al., 2008). Apresenta a vantagem de não ser destrutivo e permitir acompanhar o incremento de área foliar ao longo do ciclo.

Esse trabalho teve como objetivo ajustar e validar modelos preditores da área foliar de *Cucurbita pepo* L. variedade Anita F1 e avaliar a qualidade da estimativa de modelos ajustados para outras cultivares, para o híbrido *Cucurbita moschata* x *Cucurbita maxima* e para *Cucumis sativus*, testando a hipótese de especificidade dos modelos em nível de variedade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido no Centro Técnico de Irrigação (CTI) do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), situado em Maringá, PR, com 542 m de altitude e coordenadas geográficas 23°25' S e 51°57' O. O solo é classificado como um NITOSSOLO Vermelho distroférico (Embrapa, 2006). 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. 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 50 folhas, totalizando 369 dados experimentais. Para o ajuste dos modelos, foram utilizadas as medidas lineares comprimento (cm) e 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 (Vale et al., 2001) 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 ajustados modelos resultantes da combinação das variáveis comprimento e largura (C, L, C*L, C² e L²), por meio da análise de regressão pelo método dos mínimos quadrados (Fialho et al., 2011) utilizando 314 dados experimentais. Os dois modelos que apresentaram o maior coeficiente de determinação (Tabela 1) foram selecionados para comparação com outros modelos.

Tabela 1 – Modelos ajustados pela técnica dos mínimos quadrados

Modelo	Variáveis e coeficientes*	Coefficiente de determinação (R ²)
A	18,653 + 0,628 L ²	0,95
B	-75,848 + 10,239 L + 0,380 L ²	0,95

*Significativos pelo teste t (p < 0,05); L, largura da folha em cm

Foram utilizados quatro modelos retirados da literatura para comparação. Tais modelos foram ajustados para *Cucurbita maxima* x *C. moschata* cultivar Tetsukabuto (Silva et al, 1998), para um conjunto de seis variedades de *Cucurbita pepo* L. (Nesmith,

1992) nas quais não está incluída a cultivar Anita F1, para uma variedade não especificada de *Cucurbita pepo* L. (Fialho et al, 2011) e para *Cucumis sativus* (Cho et al, 2007). Todas as espécies citadas pertencem à família Cucurbitaceae.

A comparação do desempenho dos modelos foi realizada com o coeficiente de correlação linear (r), o índice de concordância (d) (Willmott, 1981) o índice de desempenho (c) (Camargo e Sentelhas, 1997), o erro médio e o erro médio absoluto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os coeficientes estatísticos para a comparação entre os modelos A, B, C, D, E e F. Todos os modelos apresentaram índice c classificados como ótimos (Camargo e Sentelhas, 1997). O desempenho dos modelos pode ser diferenciado pelo valor de MAE e pela presença de viés significativo, o que representa a existência de erro sistemático. Os modelos ajustados para a cultivar Anita F1 apresentaram viés não significativo e menor MAE do que os modelos ajustados para outras variedades, o que sugere que uma das causas do erro sistemático seja a variedade utilizada no ajuste.

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

Modelo	MAE	ME	r	d	c
A	25,31	0,62 ^{ns}	0,98	0,99	0,96
B	26,11	0,37 ^{ns}	0,97	0,99	0,96
C	45,64	-39,82*	0,97	0,98	0,96
D	38,00	-25,16*	0,97	0,98	0,95
E	36,14	-23,51*	0,97	0,97	0,94
F	44,64	-19,54*	0,97	0,97	0,94

*Significativos pelo teste t ($p < 0,05$)

Na Figura 1 observa-se a dispersão dos resíduos em função da área foliar estimada. Os modelos A e B, ajustados com medidas foliares de *Cucurbita pepo* var. Anita F1 apresentam uma dispersão dos resíduos aleatória.

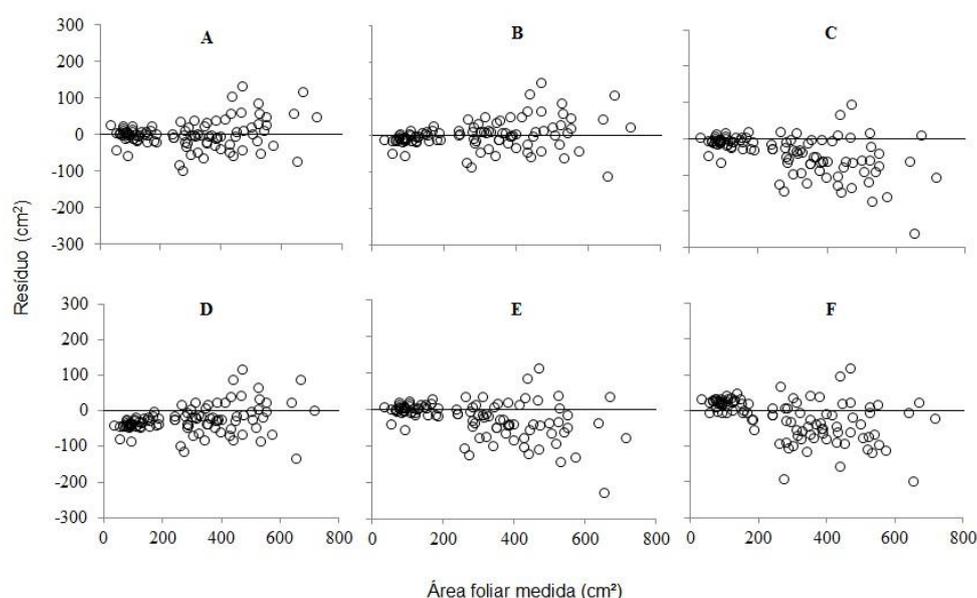


Figura 1. Relação entre resíduos do modelo e valores medidos.

Anais Eletrônico

VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar

UNICESUMAR – Centro Universitário Cesumar

Editora CESUMAR

Maringá – Paraná – Brasil

Os modelos C, D, E e F apresentam grande parte dos resíduos negativos e erro médio negativo, o que significa tendência em superestimar os valores de área foliar. Sugere-se que uma das causas do viés (ou erro sistemático) dos modelos C, D, E e F seja devido às características inerentes a espécie e variedade no ajuste, quanto a expansão da área foliar em função das medidas lineares da folha.

4. CONCLUSÃO

O modelo A é recomendado para a estimativa da área foliar para a cultivar em estudo, apresentando menor MAE, viés não significativo e desempenho ótimo. Além disso, utiliza-se apenas uma dimensão foliar para a estimativa.

Os modelos ajustados para outras variedades, ainda que apresentem elevado índice de confiança, apresentam erro sistemático maior que os ajustados para a própria variedade, resultando em superestimativa da área foliar.

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. **Braganita**, v.27, p.1053-1058, 2008.

BLANCO F. F., FOLEGATTI M.V. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. **Scientia Agricola**, v.62, p.305–309, 2005.

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**, v.5, p.89-97, 1997.

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed. Rio de Janeiro, Embrapa-Spi, 2006, 306p.

FIALHO G. S.; DALVI L. P.; DALVI, N. B. C.; KUHLCAMP, K. T.; EFFGEN, E. M. Predição da área foliar em abobrinha-italiana : um método não destrutivo, exato, simples, rápido e prático. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.1, n.2, p.59-63, 2011.

NESMITH D. S. Estimating summer squash leaf area nondestructively. **Hortscience**, v.27, n.1, 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.287-29, 1998.

VALE, F. X. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; LIBERATO, J. R.; ZAMBOLIM, L. Quant - A software to quantify plant disease severity. In: International Workshop on Plant Disease Epidemiology; **The International Society of Plant Pathology**, 2001, Ouro Preto, Brasil, Proceedings... vol.8, pp. 160.

WILLMOTT C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, 2:184-194, 1981