



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria  
Brasil

Pacheco de Souza, Adilson; Carvalho da Silva, Andréa; Leonel, Sarita; Euzébio de Souza, Manoel;  
Aki Tanaka, Adriana

Estimativas da área da folha de figueiras 'Roxo de Valinhos' usando dimensões lineares do limbo  
foliar

Ciência Rural, vol. 44, núm. 7, julio-, 2014, pp. 1172-1179  
Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33131561005>

- 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

## Estimativas da área da folha de figueiras ‘Roxo de Valinhos’ usando dimensões lineares do limbo foliar

Estimates of leaf area of fig tree ‘Roxo de Valinhos’ using linear dimensions of the leaf blade

Adilson Pacheco de Souza<sup>I\*</sup> Andréa Carvalho da Silva<sup>I</sup> Sarita Leonel<sup>II</sup>  
Manoel Euzébio de Souza<sup>II</sup> Adriana Aki Tanaka<sup>I</sup>

### RESUMO

Neste estudo, objetivou-se gerar e validar modelos de estimativa da área da folha da figueira ‘Roxo de Valinhos’ a partir de medidas lineares de fácil obtenção. Foram coletadas 600 folhas, incluindo-se o máximo de variabilidade quanto ao tamanho, idade e formato, sendo, destas, 200 empregadas na validação das regressões. Empregaram-se os indicadores estatísticos MBE, RMSE, índice de ajustamento e índice de desempenho para avaliação da performance de 51 modelos estimativa, obtidos com base nas aplicações das medidas de comprimento, largura e transversal da folha e suas respectivas interações. Os melhores resultados foram obtidos pelas equações  $AF=0,1289(C+C1+C2)^{1,8450}$  e  $AF=0,9781[(C+C1+C2)/3]^{1,8451}$ , que propiciam desvios e espalhamentos de 0,63 e 47,85cm<sup>2</sup>, com ajustamentos, correlações e desempenhos superiores a 91, 95 e 87%, respectivamente. Nas estimativas com base em apenas uma medida, deve-se aplicar a equação  $AF=2,879 C^{1,5451}$ .

**Palavras-chave:** *Ficus carica* L., medidas foliares, análise de crescimento.

### ABSTRACT

This study aimed to generate and validate models to estimate the area of leaf of fig tree ‘Roxo de Valinhos’ using linear measurements easily taken. It was collected 600 leaves, including the maximum variation in size, age and shape of leaves, wherefore, 200 leaves were used in the validation of the regressions. The statistical indicators MBE, RMSE, adjustment index and performance index were applied to evaluate the performance of 51 models estimate, derived from the application of measures of length, width and transversal, and their interactions together. The best results were obtained using the equations  $AF=0,1289(C+C1+C2)^{1,8450}$  and  $AF=0,9781[(C+C1+C2)/3]^{1,8451}$ , which provide deflections and scatterings of 0.63 and 47.85cm<sup>2</sup>, with adjustments, correlations and performance of 91, 95 and

87%, respectively. In the estimates based on only one measure it should be applied the equation  $AF=2,879 C^{1,5451}$ .

**Key words:** *Ficus carica* L., leaf measures, growth analysis.

### INTRODUÇÃO

O aumento da área cultivada e a produção de frutas nas diferentes regiões edafoclimáticas brasileiras é crescente em função da modernização e melhorias significativas na gestão da propriedade rural e de todos os fatores de produção, além da adoção de tecnologias de baixo impacto ambiental, que propiciem qualidade e segurança do produto para atender as exigências do mercado consumidor nacional e as barreiras fitossanitárias de importadores (FACHINELLO et al., 2011; RETAMALES, 2011).

Para a exploração racional das diversas espécies de fruteiras, o conhecimento de inúmeras práticas (podas, irrigação, raleio de frutos, etc) e fatores culturais (produtividade, precocidade, qualidade da frutificação, densidade de plantio e arquitetura das plantas, entre outros) são indispensáveis. Para possibilitar o aumento da produtividade e a manutenção da área cultivada, é necessária a implantação de sistemas de produção eficientes e que permitam condições fisiológicas ideais para o desenvolvimento das plantas (SOFIATTI et al., 2009).

Para a expressão do máximo potencial produtivo de uma cultura, a área foliar é um fator

<sup>I</sup>Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Av. Alexandre Ferronato, 1200, Distrito Industrial, 78557-267, Sinop, MT, Brasil. E-mail: [adilsonpacheco@ufmt.br](mailto:adilsonpacheco@ufmt.br). \*Autor para correspondência.

<sup>II</sup>Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, SP, Brasil.

limitante, pois o processo fotossintético decorre da interceptação luminosa e da sua conversão em energia química de luz, que, por sua vez, dependem do número e do tamanho das folhas, bem como do seu tempo de permanência na planta (FAVARIN et al., 2002). Além disso, interfere na cobertura do solo, competição com outras plantas, superfície específica para evapotranspiração e resistência aerodinâmica do dossel, dentre outras interações com o ambiente (SEVERINO et al., 2004; SEVERINO et al., 2007).

A análise quantitativa do crescimento é primordial na avaliação da produção vegetal e requer informações do tamanho e acúmulo de massa em diferentes partições vegetais. Segundo AQUINO et al. (2011), a quantificação da área foliar pode ser realizada por métodos diretos ou indiretos. O método direto requer equipamentos com custos elevados e/ou técnicas destrutivas para aplicações planimétricas.

A busca por métodos de fácil execução, rápidos e não destrutivos que estimem a área foliar com precisão são importantes para avaliar o crescimento das plantas nas condições de campo, principalmente para culturas perenes. Estudos têm mostrado a viabilidade de estimar a área foliar e a biomassa foliar seca a partir de medidas lineares do limbo (comprimento, largura ou seu produto) para aplicações na fruticultura (WILLIAMS III & MARTINSON, 2003; FALLOVO et al., 2008; ZUCOLOTO et al., 2008; AMARANTE et al., 2009; SPANN & HEEREMA, 2010).

As estimativas da área foliar utilizando a relação entre as dimensões da folha e a sua respectiva área permite conservar a integridade das amostras (com avaliações executadas várias vezes ao longo do desenvolvimento e na mesma folha) e destaca-se como uma alternativa simples, de baixo custo e, rápida execução. Todavia, depende da associação e validação de modelos matemáticos, sendo que o procedimento mais utilizado consiste em correlações obtidas após a determinação das medidas lineares e da área real da folha por métodos diretos (ZUCOLOTO et al., 2008; SOFIATTI et al., 2009).

Segundo SILVA (2011), as folhas da figueira são grandes, palmadas, alternas e com grandes estípulas, com contorno marcado por um número de lóbulos interiores entre três e sete, profundamente marcados, que servem de base para definir varietalmente a planta, sendo que a cultivar Roxo de Valinhos apresenta normalmente cinco ou sete lóbulos. Apresentam coloração verde-claro quando não completamente expandidas e cor escura intensa e brilhante em sua expansão completa,

são ásperas ao tato por sua pilosidade rígida, com nervuras principais em forma palmeadas e coloração menos intensa do que a da folha.

Em função de sua complexidade, ainda não foram desenvolvidos métodos de estimativa que utilizam medidas lineares na determinação da área foliar da figueira. Por conseguinte, objetivou-se desenvolver e validar modelos matemáticos para a estimativa da área de folhas da figueira 'Roxo de Valinhos' em diferentes estádios de desenvolvimento, por meio de medidas lineares.

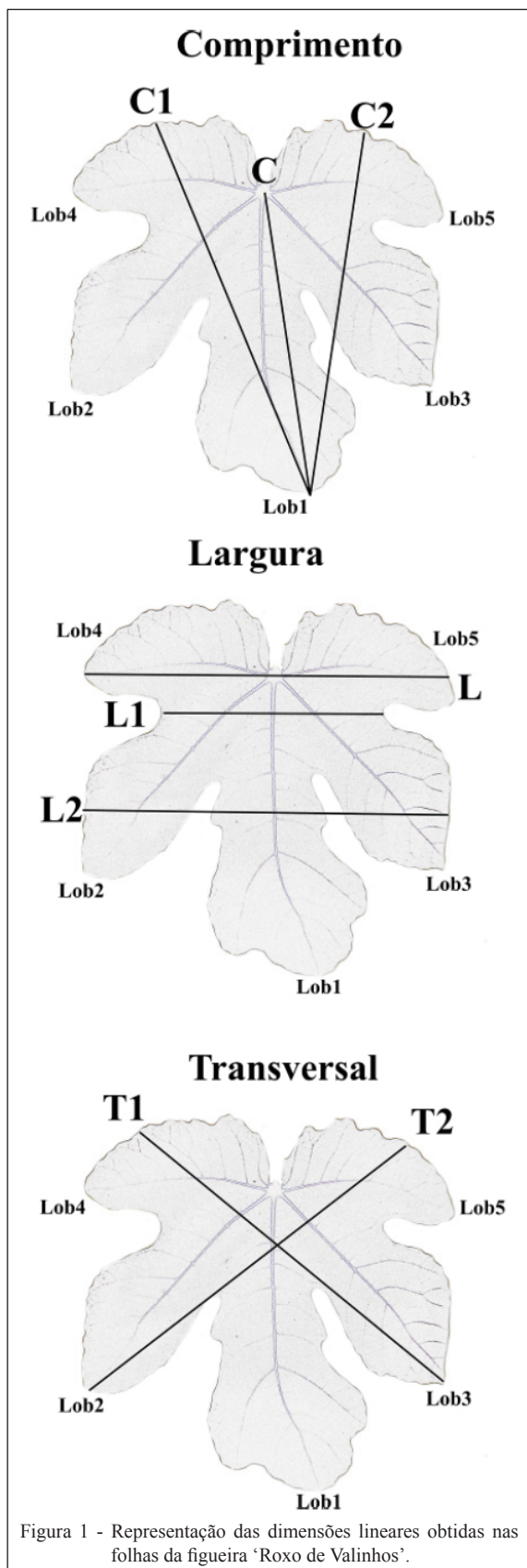
## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Fazenda Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, localizada em Botucatu, SP, nas coordenadas 22°44'S., 48°34'O e altitude de 740m. Pela classificação de Köppen, o tipo climático da região é o Cwa, caracterizado como clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno.

As folhas utilizadas no experimento foram obtidas de figueiras no primeiro ciclo produtivo (entre 10/2009 e 07/2010), cultivadas em um solo caracterizado como Nitossolo Vermelho, com espaçamento de 3,0x2,0m (entre linhas e plantas), com aplicação no plantio de 0,5kg de superfostato simples, 0,2kg de cloreto de potássio e duas parcelas (novembro e janeiro) de 0,7kg de sulfato de amônio por planta. O controle da ferrugem da figueira (*Cerotelium fici*) e os demais tratamentos fitossanitários foram realizados para permitir a ausência de danos e/ou ataque de doenças e pragas.

Para permitir a maior variabilidade quanto ao tamanho das folhas em pleno desenvolvimento vegetativo, foram coletadas 600 folhas selecionadas em função do tamanho (pequenas, médias e grandes). Após a coleta no campo, foram obtidas as medidas lineares representadas na figura 1 (considerando uma folha com cinco lóbulos). Para folhas com sete lóbulos, as medidas obtidas nos pontos médios dos lóbulos 4 e 5 devem ser modificadas para as extremidades dos lóbulos acima da inserção do pecíolo.

Em função do formato irregular das bordas das folhas da figueira 'Roxo de Valinhos, torna-se difícil o emprego de planímetros e até mesmo a obtenção de medidas lineares. Nesse sentido, a figura 1 apresenta as medidas realizadas para a avaliação da área da folha. O comprimento da folha (C) foi considerado como a distância entre a inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade do lóbulo oposto (Lob<sub>1</sub>); C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub> que correspondem à distância entre o ponto



médio dos dois lóbulos superiores (Lob<sub>4</sub> e Lob<sub>5</sub>) e a extremidade de Lob<sub>1</sub>.

Para a largura (L), foram obtidas três medições, considerando linhas perpendiculares a direção de medida do comprimento (C): i) L, que se caracteriza como a distância entre as extremidades dos dois lóbulos superiores (Lob<sub>4</sub> e Lob<sub>5</sub>); ii) L<sub>1</sub>, explicitada entre os vértices dos lóbulos superiores e inferiores (entre Lob<sub>4</sub>/Lob<sub>2</sub> e Lob<sub>5</sub>/Lob<sub>3</sub>); iii) L<sub>2</sub>, obtida entre os pontos médios dos lóbulos inferiores (Lob<sub>2</sub> e Lob<sub>3</sub>). Foram obtidas duas medidas transversais (T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>, obtidas entre as extremidades dos lóbulos superiores e inferiores).

Após a coleta, as folhas foram conduzidas ao Laboratório de Produção Vegetal da FCA/UNESP para determinação da área foliar real por meio do medidor fotoelétrico Licor, Modelo LI-3000. As regressões foram determinadas considerando a área da folha (AF) como variável dependente e as dimensões lineares (C, L e T) e suas interações como variáveis independentes.

Foram gerados 51 modelos de estimativas da área da folha com o emprego da ferramenta de otimização Solver do Microsoft Excel. A determinação dos coeficientes das regressões foi obtida pela maximização do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>). Para avaliação do desempenho estatístico das regressões geradas, foram utilizadas 200 folhas representativas das diferentes classes de tamanho. Nessa avaliação, foram empregados os seguintes indicativos estatísticos: i) erro médio relativo (MBE – *means bias error* – eq. 1), a raiz quadrada do quadrado médio do erro (RMSE – *root mean square error* – eq. 2), índice de ajustamento (“d” – eq. 3) e o índice de desempenho (c), sendo este último indicativo obtido pelo produto entre o coeficiente de correlação (r) e o índice de ajustamento (CAMARGO & SENTELHAS, 1997).

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)}{N} \quad (1)$$

$$RMSE = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i| + |O_i|)^2} \quad (3)$$

em que:  $P_i$  - valores estimados;  $O_i$  - valores medidos;  $N$  - número de observações;  $|P_i|$  - valor absoluto da diferença  $P_i - \overline{O_i}$ ;  $|O_i|$  - valor absoluto da diferença  $O_i - \overline{O_i}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, são apresentadas as dimensões lineares (comprimento e largura) e a área das 600 folhas distribuídas em três classes de tamanho (pequenas:  $AF \leq 120 \text{ cm}^2$ ; médias:  $120 < AF < 240 \text{ cm}^2$ ; grandes:  $AF \geq 240 \text{ cm}^2$ ). Na prática, além da medida das folhas, a sua separação em classes dificultaria a determinação da área foliar, já que, ao longo do ciclo, a mesma planta apresenta folhas em diferentes fases de desenvolvimento (SILVA et al., 2010).

Estabelecendo o fator de forma "f" média das folhas (razão entre a área foliar média e o produto entre o comprimento e a largura média) obtém-se 0,7959; 0,7740 e 0,7789 para as folhas pequenas, médias e grandes, respectivamente. Segundo MONTEIRO et al. (2005), fatores de forma semelhantes indicam que não é necessário realizar a classificação de folhas em

função do tamanho, pois não acarreta prejuízos para a precisão das estimativas, em razão da pequena variação entre os valores de "f" para cada classe.

Nas análises de regressão da área foliar, obtidas com medidas lineares isoladas, observaram-se menores valores de  $R^2$  quando foram aplicadas apenas as medidas transversais (Tabela 2). Os melhores ajustes ocorreram para modelos potenciais que consideraram apenas as três medidas isoladas para comprimento ou largura. Para um mesmo modelo analítico, as menores correlações com o comprimento, em comparação com largura, decorrem das dificuldades de obtenção das medidas, em função da inserção do pecíolo no limbo foliar, formato da folha e simetria do lóbulo inferior (NASCIMENTO et al., 2002).

As análises conjuntas das medidas lineares permitiram melhores coeficientes de determinação (Tabela 3), principalmente nas interações entre comprimento e largura. Para plantas com formatos irregulares nas bordas de folhas, as interações entre medidas lineares normalmente propiciam melhores resultados na estimativa da área foliar (GONÇALVES et al., 2002; WILLIAMS III & MARTINSON, 2003; SEVERINO et al., 2004; SEVERINO et al., 2007;

Tabela 1 - Número de folhas avaliadas, área da folha (AF), comprimento e largura de folhas da figueira 'Roxo de Valinhos' em diferentes classes de tamanho, empregadas na obtenção e na avaliação de desempenho estatístico dos modelos matemáticos de estimativa da área foliar.

Descrição	Folhas pequenas	Folhas médias	Folhas grandes
----- Geração dos modelos matemáticos -----			
Número de folhas	100	205	95
AF média ( $\text{cm}^2$ )	73,81±38,56	173,69±36,00	290,96±37,10
ÁF máxima ( $\text{cm}^2$ )	119,50	238,70	352,37
ÁF mínima ( $\text{cm}^2$ )	3,66	122,88	241,63
Comprimento médio (cm)	9,62±2,88	14,06±2,02	18,77±2,34
Comprimento máximo (cm)	13,30	17,30	25,70
Comprimento mínimo (cm)	3,10	7,00	15,60
Largura média (cm)	9,64±3,77	15,96±1,82	19,90±1,34
Largura máxima (cm)	13,20	19,60	22,50
Largura mínima (cm)	1,00	12,30	17,00
----- Validação dos modelos matemáticos -----			
Número de folhas	114	70	16
AF média ( $\text{cm}^2$ )	68,41±39,92	169,31±38,48	324,53±134,30
ÁF máxima ( $\text{cm}^2$ )	118,56	238,95	627,00
ÁF mínima ( $\text{cm}^2$ )	1,76	122,00	243,50
Comprimento médio (cm)	8,99±3,27	15,80±3,34	19,86±3,54
Comprimento máximo (cm)	14,30	23,00	23,00
Comprimento mínimo (cm)	2,00	11,60	14,70
Largura média (cm)	9,62±3,01	13,14±1,81	19,24±1,41
Largura máxima (cm)	11,70	15,90	19,30
Largura mínima (cm)	1,50	9,30	15,50



AMARANTE et al., 2009; SPANN & HEEREMA, 2010; AQUINO et al., 2011).

Os modelos dados pelo produto entre comprimento e largura (AF22 e AF26) apresentaram coeficientes de determinação em torno de 0,92, indicando que, da variabilidade total existente na área foliar, cerca de 92% pode ser explicada pela regressão linear simples ( $y=ax$ ) e/ou potenciais ( $y=ax^b$ ). A equação linear simples, com a reta passando pela origem, é a mais recomendada, pois não altera expressivamente a soma de quadrados do resíduo e evita a persistência de valores negativos de área foliar, quando as dimensões lineares são baixas.

O indicativo MBE representa o desvio médio entre valores estimados e medidos e permite avaliar a performance do modelo, visto que valores negativos indicam subestimativa e vice-versa e, quanto menor o valor absoluto de MBE, melhores são as estimativas do modelo (SOUZA et al., 2011). Nesse

contexto, observou-se que 12 modelos (23,53%) apresentam tendências em subestimar a área da folha (em até 50,26cm<sup>2</sup>), enquanto que os demais modelos superestimaram em até 217,06% (Tabela 4).

O indicativo RMSE informa sobre o valor real do erro produzido pelo modelo e o nível de espalhamento gerado para um valor medido, ou seja, para AF1, o espalhamento gerado foi 62,67cm<sup>2</sup> para os valores medidos. Em geral, quanto menores os valores obtidos para RMSE, melhor é a performance do modelo. Os espalhamentos variaram entre 47,85 (AF6 e AF7) e 310,33cm<sup>2</sup> (AF16). Quanto aos ajustes entre valores medidos e estimados, dados pelo índice “d”, observam-se variações entre 0,49 e 0,92.

Em conjunto com o índice de desempenho (c), ocorrem variações entre 0 e 1,0, sendo que maiores valores do índice indicam melhores desempenhos nas estimativas. Em geral, os

Tabela 2 - Modelos de regressão e coeficientes de determinação para estimativas da área de folhas (AF) da figueira ‘Roxo de Valinhos’ com base em apenas uma variável linear simples.

Modelo analítico	Coeficientes ajustados				R <sup>2</sup>
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	b	
1) AF = a <sub>1</sub> C	13,0590	-	-	-	0,7432
2) AF = a <sub>1</sub> C + a <sub>2</sub> C <sup>2</sup>	5,7981	0,4524	-	-	0,8230
3) AF = a <sub>1</sub> C <sup>b</sup>	2,8979	-	-	1,5451	0,8332
4) AF = a <sub>1</sub> C + a <sub>2</sub> C <sub>1</sub> + a <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	5,1983	4,3884	1,8822	-	0,7618
5) AF = a <sub>1</sub> (C + C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub> )	3,7945	-	-	-	0,7583
6) AF = a <sub>1</sub> (C + C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub> ) <sup>b</sup>	0,1289	-	-	1,8450	0,9057
7) AF = a <sub>1</sub> [(C + C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub> ) / 3] <sup>b</sup>	0,9781	-	-	1,8451	0,9057
8) AF = a <sub>1</sub> L	11,9832	-	-	-	0,7387
9) AF = a <sub>1</sub> L + a <sub>2</sub> L <sup>2</sup>	-1,0150	0,7539	-	-	0,9265
10) AF = a <sub>1</sub> L <sup>b</sup>	0,5077	-	-	2,1094	0,9269
11) AF = a <sub>1</sub> L + a <sub>2</sub> L <sub>1</sub> + a <sub>3</sub> L <sub>2</sub>	3,4489	0,1349	8,3545	-	0,7635
12) AF = a <sub>1</sub> (L + L <sub>1</sub> + L <sub>2</sub> )	4,6676	-	-	-	0,7597
13) AF = a <sub>1</sub> (L + L <sub>1</sub> + L <sub>2</sub> ) <sup>b</sup>	0,0775	-	-	2,0808	0,9516
14) AF = a <sub>1</sub> [(L + L <sub>1</sub> + L <sub>2</sub> ) / 3] <sup>b</sup>	0,7630	-	-	2,0807	0,9516
15) AF = a <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	21,5515	-	-	-	0,6817
16) AF = a <sub>1</sub> T <sub>1</sub> + a <sub>2</sub> T <sub>1</sub> <sup>2</sup>	6,9810	1,5271	-	-	0,7761
17) AF = a <sub>1</sub> T <sub>1</sub> <sup>b</sup>	5,4229	-	-	1,6125	0,7777
18) AF = a <sub>1</sub> T <sub>1</sub> + a <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	24,6799	-3,1792	-	-	0,6849
19) AF = a <sub>1</sub> (T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> )	10,7583	-	-	-	0,6227
20) AF = a <sub>1</sub> (T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> ) <sup>b</sup>	14,5337	-	-	0,8876	0,5853
21) AF = a <sub>1</sub> [(T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> ) / 2] <sup>b</sup>	4,9531	-	-	1,6532	0,7781

C: comprimento da folha, obtido entre a inserção do pecíolo e o lóbulo inferior (cm); C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub>: comprimentos máximos da folha, obtidos entre o ponto médio dos lóbulos superiores (folhas com 5 lóbulos) ou as extremidades dos lóbulos superiores (folhas com 7 lóbulos) e a extremidade do lóbulo inferior (cm); L, L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub>: larguras da folha (cm), obtidas entre as extremidades dos lóbulos superiores, entre as inserções dos lóbulos superiores e médios e entre as extremidades dos lóbulos médios, respectivamente; T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>: medidas transversais da folha (cm), obtidas entre as extremidades dos lóbulos superiores e médios.

Tabela 3 - Modelos de regressão e coeficientes de determinação para estimativas da área de folhas (AF) da figueira 'Roxo de Valinhos' com base em duas e/ou três variáveis lineares.

Modelo analítico	-----Coeficientes ajustados-----				R <sup>2</sup>
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	b	
22) AF = a <sub>1</sub> (C L)	0,7622	-	-	-	0,9291
23) AF = a <sub>1</sub> (C L) + a <sub>2</sub> (C L) <sup>2</sup>	0,7864	-0,0001	-	-	0,7647
24) AF = a <sub>1</sub> (C + L)	6,2783	-	-	-	0,9295
25) AF = a <sub>1</sub> (C + L) + a <sub>2</sub> (C + L) <sup>2</sup>	0,2834	0,1814	-	-	0,9333
26) AF = a <sub>1</sub> (C L) <sup>b</sup>	0,8483	-	-	0,9812	0,9293
27) AF = a <sub>1</sub> (C + L) <sup>b</sup>	0,2283	-	-	1,9476	0,9333
28) AF = a <sub>1</sub> (C T <sub>1</sub> )	1,3744	-	-	-	0,8824
29) AF = a <sub>1</sub> (C T <sub>1</sub> ) + a <sub>2</sub> (C T <sub>1</sub> ) <sup>2</sup>	1,5729	-0,0011	-	-	0,7464
30) AF = a <sub>1</sub> (C + T <sub>1</sub> )	8,1741	-	-	-	0,8938
31) AF = a <sub>1</sub> (C + T <sub>1</sub> ) + a <sub>2</sub> (C + T <sub>1</sub> ) <sup>2</sup>	7,9854	0,1154	-	-	0,7651
32) AF = a <sub>1</sub> (C T <sub>1</sub> ) <sup>b</sup>	2,2190	-	-	0,9064	0,8891
33) AF = a <sub>1</sub> (C + T <sub>1</sub> ) <sup>b</sup>	0,6917	-	-	1,7653	0,8859
34) AF = a <sub>1</sub> (L T <sub>1</sub> )	2,2104	-	-	-	0,7899
35) AF = a <sub>1</sub> (L T <sub>1</sub> ) + a <sub>2</sub> (L T <sub>1</sub> ) <sup>2</sup>	2,6392	-0,0039	-	-	0,6991
36) AF = a <sub>1</sub> (L + T <sub>1</sub> )	10,7292	-	-	-	0,8075
37) AF = a <sub>1</sub> (L + T <sub>1</sub> ) + a <sub>2</sub> (L + T <sub>1</sub> ) <sup>2</sup>	10,3935	0,2341	-	-	0,7211
38) AF = a <sub>1</sub> (L T <sub>1</sub> ) <sup>b</sup>	1,4125	-	-	0,8507	0,8059
39) AF = a <sub>1</sub> (L + T <sub>1</sub> ) <sup>b</sup>	1,3776	-	-	1,6955	0,8051
40) AF = a <sub>1</sub> (C L T <sub>1</sub> )	0,0732	-	-	-	0,7946
41) AF = a <sub>1</sub> (C L T <sub>1</sub> ) + a <sub>2</sub> (C L T <sub>1</sub> ) <sup>2</sup>	0,0730	-9,2E-7	-	-	0,8073
42) AF = a <sub>1</sub> (C + L + T <sub>1</sub> )	4,8117	-	-	-	0,7605
43) AF = a <sub>1</sub> (C + L + T <sub>1</sub> ) + a <sub>2</sub> (C + L + T <sub>1</sub> ) <sup>2</sup>	0,0109	0,1132	-	-	0,9418
44) AF = a <sub>1</sub> (C L T <sub>1</sub> ) <sup>b</sup>	1,1540	-	-	0,6599	0,9308
45) AF = a <sub>1</sub> (C + L + T <sub>1</sub> ) <sup>b</sup>	0,0732	-	-	2,1159	0,9394
46) AF = a <sub>1</sub> (C <sub>M</sub> L <sub>M</sub> T <sub>M</sub> )	0,0755	-	-	-	0,8017
47) AF = a <sub>1</sub> (C <sub>M</sub> L <sub>M</sub> T <sub>M</sub> ) <sup>b</sup>	1,0517	-	-	0,6735	0,9218
48) AF = a <sub>1</sub> (C <sub>M</sub> L <sub>M</sub> T <sub>M</sub> ) + a <sub>2</sub> (C <sub>M</sub> L <sub>M</sub> T <sub>M</sub> ) <sup>2</sup>	0,0730	-3,3E-7	-	-	0,7972
49) AF = a <sub>1</sub> (C <sub>M</sub> + L <sub>M</sub> + T <sub>M</sub> )	4,8192	-	-	-	0,7520
50) AF = a <sub>1</sub> (C <sub>M</sub> + L <sub>M</sub> + T <sub>M</sub> ) <sup>b</sup>	0,0964	-	-	2,0452	0,9454
51) AF = a <sub>1</sub> (C <sub>M</sub> + L <sub>M</sub> + T <sub>M</sub> ) + a <sub>2</sub> (C <sub>M</sub> + L <sub>M</sub> + T <sub>M</sub> ) <sup>2</sup>	-0,2425	0,1201	-	-	0,9456

C<sub>M</sub>, L<sub>M</sub> e T<sub>M</sub>: valores médios do comprimento (entre C, C1 e C2), largura (entre L1, L2 e L3) e transversal (entre T1 e T2) da folha, respectivamente.

modelos  $AF=0,1289(C+C1+C2)^{1,8450}$  (AF6) e  $AF=0,9781[(C+C1+C2)/3]^{1,8451}$  (AF7) propiciaram desvios e espalhamentos de 0,63 e 47,85cm<sup>2</sup>, com ajustamentos, correlações e desempenhos superiores a 91, 95 e 87%, respectivamente. Para estimativas com base em apenas uma medida, as melhores estimativas são dadas pela regressão  $AF=2,879C^{1,5451}$ .

Seguindo a classificação proposta por CAMARGO & SENTELHAS (1997), os modelos que apresentaram índices de desempenho “c” superiores a 0,85 podem ser classificados como ótimos (modelos

6, 7, 22, 25, 26, 27, 43, 45, 47, 80 e 51), enquanto que, para  $0,75 < c \leq 0,85$ , os modelos são considerados muito bons (16 modelos).

## CONCLUSÃO

Os modelos não-lineares potenciais que empregam os comprimentos dos limbos foliares são os mais precisos e adequados para estimar a área das folhas da figueira 'Roxo de Valinhos', independentemente do seu tamanho, e do número de lóbulos foliares.

Tabela 4 - Indicativos estatísticos e índice de desempenho (c) para diferentes modelos de estimativa da área de folhas da figueira 'Roxo de Valinhos'.

Modelo	MBE (cm <sup>2</sup> )	RMSE (cm <sup>2</sup> )	MBE (%)	RMSE (%)	d	R	c
AF1	31,42	62,67	26,02	51,91	0,85	0,86	0,73
AF2	21,57	63,40	17,86	52,52	0,87	0,91	0,79
AF3	20,00	62,72	16,57	51,95	0,88	0,91	0,80
AF4	22,16	58,17	18,35	48,18	0,84	0,87	0,73
AF5	25,19	60,64	20,86	50,23	0,83	0,87	0,72
AF6	0,63	47,85	0,52	39,64	0,91	0,95	0,87
AF7	0,62	47,85	0,51	39,64	0,91	0,95	0,87
AF8	-8,31	54,03	-6,89	44,76	0,85	0,86	0,73
AF9	-50,26	69,98	-41,63	57,96	0,80	0,96	0,77
AF10	-49,99	70,03	-41,41	58,00	0,80	0,96	0,77
AF11	12,53	52,91	10,38	43,82	0,87	0,87	0,76
AF12	-3,09	56,33	-2,56	46,65	0,83	0,87	0,72
AF13	-45,42	67,79	-37,62	56,15	0,79	0,98	0,77
AF14	-45,36	67,73	-37,57	56,10	0,79	0,98	0,77
AF15	154,13	165,49	127,66	137,07	0,61	0,83	0,51
AF16	262,06	310,33	217,06	257,04	0,47	0,88	0,42
AF17	239,21	277,42	198,13	229,78	0,50	0,88	0,44
AF18	153,65	165,24	127,27	136,87	0,61	0,83	0,51
AF19	153,12	163,96	126,83	135,80	0,62	0,79	0,49
AF20	133,63	143,16	110,68	118,58	0,64	0,77	0,49
AF21	245,15	284,27	203,05	235,46	0,50	0,88	0,44
AF22	-21,02	53,41	-17,41	44,24	0,90	0,96	0,86
AF23	-20,62	52,88	-17,08	43,80	0,90	0,87	0,78
AF24	11,31	52,81	9,37	43,74	0,87	0,96	0,84
AF25	-18,09	52,59	-14,99	43,56	0,90	0,97	0,87
AF26	-20,05	52,86	-16,61	43,78	0,90	0,96	0,87
AF27	-18,33	52,60	-15,18	43,57	0,90	0,97	0,87
AF28	121,97	168,03	101,02	139,17	0,67	0,94	0,63
AF29	103,45	130,33	85,68	107,95	0,73	0,86	0,63
AF30	78,75	93,23	65,23	77,22	0,77	0,95	0,73
AF31	156,17	176,58	129,35	146,26	0,62	0,87	0,54
AF32	114,63	151,03	94,95	125,09	0,70	0,94	0,66
AF33	49,94	81,73	41,36	67,70	0,85	0,94	0,80
AF34	193,76	247,21	160,49	204,75	0,57	0,89	0,50
AF35	133,41	153,23	110,50	126,91	0,66	0,84	0,55
AF36	116,76	127,17	96,71	105,34	0,70	0,90	0,63
AF37	245,82	274,67	203,60	227,50	0,49	0,85	0,42
AF38	-28,44	54,67	-23,56	45,28	0,87	0,90	0,78
AF39	172,43	206,17	142,82	170,77	0,61	0,90	0,55
AF40	38,74	111,24	32,09	92,13	0,80	0,89	0,72
AF41	29,36	93,51	24,32	77,46	0,84	0,90	0,76
AF42	41,84	63,25	34,65	52,39	0,86	0,87	0,75
AF43	33,93	67,35	28,11	55,79	0,89	0,97	0,86
AF44	41,41	74,07	34,30	61,35	0,88	0,96	0,84
AF45	32,94	69,89	27,28	57,89	0,89	0,97	0,86
AF46	29,40	72,04	24,35	59,67	0,89	0,90	0,80
AF47	37,47	58,43	31,04	48,40	0,91	0,96	0,88
AF48	22,09	63,53	18,30	52,62	0,91	0,89	0,81
AF49	42,87	64,66	35,51	53,56	0,84	0,87	0,73
AF50	31,83	54,25	26,36	44,93	0,92	0,97	0,89
AF51	31,68	54,34	26,24	45,01	0,92	0,97	0,90

MBE: erro médio relativo; RMSE: raiz quadrada do quadrado médio do erro; d: índice de ajustamento; R: coeficiente de correlação.



## REFERÊNCIAS

- AMARANTE, C.V.T. et al. Quantificação da área e do teor de clorofila em folhas de plantas jovens de videira 'Cabernet Sauvignon' mediante métodos não destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.3, p.680-686, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v31n3/a09v31n3.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2012.
- AQUINO, L.A. et al. Estimativa da área foliar do girassol por método não destrutivo. **Bragantia**, v.70, n.4, p.832-836, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v70n4/15.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2012.
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- FACHINELLO, J.C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n. esp., p.109-120, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v33nspe1/a14v33nspe1.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2012.
- FALLOVO, C. et al. Leaf area estimation model for small fruits from linear measurements. **HortScience**, v.43, n.7, p.2263-2267, 2008. Disponível em: <<http://hortsci.ashspublishations.org/content/43/7/2263.full.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2012.
- FAVARIN, J.L. et al. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.6, p.769-773, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n6/10553.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2012.
- GONÇALVES, C.A.A. et al. Estimativa da área foliar da videira (*Vitis labrusca* L. cv. 'Folha de Figo') sobre diferentes porta-enxertos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.3, p.500-504, 2002. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/Uva/u.55.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2012.
- MONTEIRO, J.E.B.A. et al. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, v.64, n.1, p.15-24, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v64n1/23848.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2012.
- NASCIMENTO, I.B. et al. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.555-558, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v20n4/14492.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2012.
- RETAMALES, J.B. World temperate fruit production: characteristics and challenges. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n. esp., p.121-130, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v33nspe1/a15v33nspe1.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2012.
- SEVERINO, V. et al. A simple method for measurement of *Jatropha curcas* leaf area. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras**, v.11, n.1, p.9-14, 2007.
- SEVERINO, V. et al. Método para determinação da área foliar da mamoeira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras**, v.8, n.1, p.753-762, 2004.
- SILVA, A.C. **Crescimento, produtividade e alocação de reservas da figueira, em diferentes condições de cultivo**. 2011. 126f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Horticultura, Universidade Estadual Paulista, SP.
- SILVA, A.C. et al. Trocas gasosas e ciclo fotossintético da figueira 'Roxo de Valinhos'. **Ciência Rural**, v.40, n.6, p.1270-1276, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v40n6/a618cr2850.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2012.
- SOFIATTI, V. et al. Um método simples para determinar a área foliar do sisal híbrido 11648. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras**, v.13, n.1, p.1-7, 2009.
- SOUZA, A.P. et al. Estimativas das componentes da radiação solar incidente em superfícies inclinadas baseadas na radiação global horizontal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.277-288, 2011.
- SPANN, T.M.; HEEREMA, R.J. A simple method for non-destructive estimation of total shoot leaf area in tree fruit crops. **Scientia Horticulturae**, v.125, n.3, p.528-533, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423810001883>>. Acesso em: 26 jul. 2012.
- ZUCOLOTO, M. et al. Modelo matemático para estimativa da área foliar total de bananeira 'Prata-Anã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.4, p.1152-1154, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v30n4/a50v30n4.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2012.
- WILLIAMS III, L.; MARTINSON, T.E. Nondestructive leaf estimation of 'Niagara' and 'DeChaunac' grapevines. **Scientia Horticulturae**, v.98, n.4, p.493-498, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423803000207>>. Acesso em: 25 jul. 2012.