

ESTIMATIVA DE ÁREA FOLIAR ATRAVÉS DE MÉTODO NÃO-DESTRUTIVO EM *COCCOLOBA ROSEA* MEISN. E *COCCOLOBA RAMOSISSIMA* WEDD. (POLYGONACEAE)¹

KÁTIA ROSE SILVA MARIANO^{2*}, SOLANGE MARIA COSTA AMORIM², CARLOS ALBERTO SANTIAGO MARIANO JÚNIOR³ & KILMA KELLY ALMEIDA SILVA⁴

²Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas, BR 16, Km 03, 44031-460, Feira de Santana, Bahia, Brasil

³Faculdade de Tecnologia e Ciências, Rua Artêmia Pires Freitas, s/n, SIM, 44100-000, Feira de Santana, Bahia, Brasil

⁴Universidade Estadual da Bahia, Av. Edgard Chastinet Guimarães, s/n, 48905-680, Juazeiro, Bahia, Brasil

*Author for correspondence: (katiarosesilva@yahoo.com.br)

(Estimativa de área foliar através de método não destrutivo em *Coccoloba rosea* Meisn. e *Coccoloba ramosissima* Wedd. (Polygonaceae)) – O presente estudo teve como objetivo estabelecer uma equação matemática baseada nas relações entre a área foliar real e as medidas lineares do limbo, comprimento e largura, para estimar a área foliar de *Coccoloba rosea* e *C. ramosissima* (Polygonaceae). De cada espécie, foram coletadas aleatoriamente 50 folhas de dez indivíduos diferentes. Foram registradas as medidas de maior comprimento e largura do limbo. Em seguida, a área foliar individual foi lida com um medidor de área foliar e então foram aplicadas as seguintes análises de regressão: linear simples, geométrica, exponencial, polinomial e logarítmica. Os critérios utilizados para a seleção da melhor equação foram maior coeficiente de determinação (R^2), maior coesão dos pontos e maior praticidade. As equações que se mostraram mais adequadas para a estimativa da área foliar de *C. rosea* e *C. ramosissima* foram $y=0,7705CL$ ($R^2=0,98$) e $y=0,7416CL$ ($R^2=0,91$), respectivamente.

Palavras-chave: Estimativa de área foliar, medidas lineares, *Coccoloba*.

(Leaf area estimation using a non-destructive method in *Coccoloba rosea* Meisn. and *Coccoloba ramosissima* Wedd. (Polygonaceae)) – The objective of this study was to determine a mathematical equation based on relations between the real area of the leaf and the linear measurements of its margin – length and width – in order to estimate the leaf area of *Coccoloba rosea* and *C. ramosissima* (Polygonaceae). Of each species 50 leaves of ten different individuals were collected. The leaves were measured in their length and width. Individual leaf area was measured in an area meter and then the following regression analyses were applied: simple linear, geometrical, exponential, polynomial, and logarithmic. The criteria used to select the best equation were higher determination coefficient (R^2), higher cohesion of points, and higher practicality. The equations that summed to be the most appropriate to estimate the leaf area of *C. rosea* and *C. ramosissima* were $y=0.7705CL$ ($R^2=0.98$) and $y=0.7416CL$ ($R^2=0.91$), respectively.

Key words: Leaf area, lineal measures, *Coccoloba*.

INTRODUÇÃO

A área foliar representa a medida da superfície das lâminas foliares, órgãos responsáveis pelo processo fotossintético. Considerada um importante parâmetro na avaliação do crescimento vegetal, a determinação da área foliar é fundamental para estudos que envolvam aspectos fisiológicos relacionados a padrões de crescimento e desenvolvimento (DA FONSECA & CONDÉ, 1994; TAVARES-JÚNIOR *et al.*, 2002).

A estimativa da área foliar em plantas anuais ou perenes pode ser feita através de vários métodos, os quais, na maioria das vezes, proporcionam estimativas bastante precisas (BENINCASA, 2003). Tais métodos podem ser classificados em destrutivos e não-destrutivos (MIELKE *et al.*, 1995), diretos ou indiretos

(MARSHALL, 1968; COELHO FILHO *et al.*, 2005). A

escolha do método a ser utilizado para estimar a área foliar deve estar de acordo com o objetivo do trabalho, do grau de precisão desejado, do hábito da planta, da morfologia das folhas, dos equipamentos e verba disponíveis.

Apesar de serem considerados os mais precisos (COELHO FILHO *et al.*, 2005), os métodos destrutivos não podem ser utilizados no local onde as plantas se encontram e requerem destruição da planta, impossibilitando a continuidade de estudos com os mesmos indivíduos. Já os métodos não-destrutivos permitem a réplica de medidas durante o período de crescimento, reduzindo algumas variações experimentais associadas a procedimentos de amostragens destrutivas (NESMITH, 1992). Entre os métodos não-destrutivos, destaca-se o de modelos matemáticos (MIELKE *et al.*, 1995; CHIRINOS *et al.*, 1997; BIANCO *et al.*, 2004), que utiliza equações de regressão entre a área foliar real e medidas lineares da lâmina foliar (comprimento e largura).

Existem vários estudos sobre a utilização de métodos não-destrutivos para estimar a área foliar relacionando-a com as medidas lineares da folha,

¹Trabalho extraído da dissertação de mestrado da primeira autora, apresentada ao Programa de Pós Graduação em Botânica da Universidade Estadual de Feira de Santana.

comprimento e largura. A maioria refere-se a plantas cultivadas ou de interesse comercial, como *Peper nigrum* L. (KANDIANNAN *et al.*, 2002), *Phaseolus vulgaris* L. (QUEIROGA, 2003), *Vitis Labrusca* L. (WILLIAMS III & MARTINSON, 2003), *Zinnia elegans* Jacq. (PINTO *et al.*, 2004), bem como em plantas daninhas, como *Solanum americanum* Mill. (TOFOLI *et al.*, 1998b), *Cissampelos glaberrima* L. (BIANCO *et al.*, 2002) e *Tridax procumbens* L. (BIANCO *et al.*, 2004). Porém, este método também pode ser muito útil em estudos com plantas nativas na sua área de ocorrência, como é o caso de *Coccoloba rosea* Meisn. e *Coccoloba ramosissima* Wedd. (Polygonaceae), selecionadas para o estudo.

C. rosea possui hábito arbóreo com 4-9m de altura, ocorrendo somente na costa litorânea nos Estados Bahia, Alagoas, Espírito Santo e Sergipe, enquanto *C. ramosissima* possui hábito arbustivo e pode ser indicada como marcador fitogeográfico para as restingas da costa litorânea brasileira (MELO, 2003). Ambas as espécies são exclusivas do Brasil e por possuírem a capacidade de rebrotar, após distúrbios, são consideradas importantes para a recomposição de áreas degradadas de restinga (ASSUMPÇÃO & NASCIMENTO, 2000).

Considerando-se sua importância ecológica e a existência de poucos estudos relacionados com estas duas espécies, a avaliação do desenvolvimento da área foliar constitui-se uma ferramenta para determinação de alguns índices fisiológicos, como razão de área foliar, taxa assimilatória líquida e taxa de crescimento foliar relativo (DA FONSECA & CONDÉ, 1994; BENINCASA, 2003). A área foliar pode também ser usada para investigar a adaptação ecológica a novos ambientes, a competição com outras espécies e os efeitos do manejo destas plantas para uso em programas de recuperação de áreas degradadas de restinga. Além disso, a utilização de um método não-destrutivo torna-se fundamental na investigação de diversos aspectos de plantas em ambientes degradados e de difícil regeneração como as restingas, sem comprometer ainda mais tais ambientes.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi obter uma equação matemática baseada nas relações entre a área foliar real e as medidas lineares do limbo, comprimento (C) e largura (L), para estimar a área foliar de *C. rosea* e *C. ramosissima*, como proposta de método não-destrutivo para realização de pesquisas futuras.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo localiza-se no município de Alagoinhas, que integra a região econômica do Litoral Norte da Bahia, sendo definida pelas coordenadas 12°17'S e 38°35'W. O clima é do tipo quente e semi-úmido (IBGE, 2002), a precipitação média anual é de 1.234 mm, sendo a temperatura média anual de 23,9°C e a umidade relativa de 80,4% (INMET, 2004). Existe uma sazonalidade marcada por duas estações bem definidas. A estação seca ocorre de setembro a fevereiro e a úmida, de março a agosto.

A vegetação da área consiste em um fragmento de mata de restinga marcado por forte influência antrópica, como a extração de madeira e uso de tratores para abertura de trilhas.

Determinação da área foliar

Para determinação da área foliar, foram selecionadas cinco plantas adultas de cada espécie, das quais foram coletadas aleatoriamente 10 folhas de cada planta, totalizando 50 folhas por espécie. Estas foram numeradas e com uma régua milimetrada foram registradas as medidas de maior comprimento (distância entre o ponto de inserção do pecíolo e a extremidade oposta) e maior largura do limbo (maior dimensão perpendicular à nervura principal). Em seguida, as áreas foliares individuais foram lidas com um medidor de área foliar portátil (*Portable Area Meter MK2*).

Posteriormente, foram aplicadas análises de regressão linear simples, linear pela origem, geométrica, exponencial, polinomial e logarítmica. Tal método foi escolhido para a realização desse trabalho por apresentar as vantagens de ser relativamente rápido, de fácil utilização em condições de campo e não exigir a destruição das plantas. Além disso, pode ser feito com um mínimo de recursos (REIS & MÜLLER, 1978; GAMIELY *et al.*, 1991). Os modelos de regressões adotados consideraram a área foliar como variável dependente (y), e o comprimento, a largura e o produto do comprimento com a largura como variáveis independentes (x). Os critérios utilizados para a seleção da melhor equação foram: maior coeficiente de determinação (R²), maior coesão dos pontos e maior praticidade. O modelo de regressão interceptando a origem também foi avaliado. Este é considerado o mais recomendado para estimar a área foliar, uma vez que apresenta coeficiente de ajuste significativo e bases geométricas aceitáveis (LAKITAN, 1989).

A área foliar das folhas coletadas no campo foi estimada a partir do modelo matemático escolhido. Foram realizadas correlações, considerando o intercepto na origem, entre os valores de área foliar estimados pelo modelo escolhido e os obtidos pelo aparelho, a fim de confirmar a precisão do método não-destrutivo.

As espécies estudadas são decíduas e perdem todas as suas folhas entre os meses de outubro a dezembro (MELO, 2003). Por isso, optou-se por realizar o estudo em junho de 2005, quando as folhas apresentavam-se completamente desenvolvidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos valores do comprimento e largura das folhas é possível observar que *C. rosea* possui folhas significativamente maiores que *C. ramosissima*. Em ambas as espécies a média da área foliar real foi muito próxima da média da área foliar estimada, demonstrando a eficiência do modelo matemático utilizado (Tabela 1).

As equações de regressão obtidas apresentaram altos valores de coeficiente de determinação (R²) para as relações AF x C, AF x L e AF x CL nas duas espécies

Tabela 1. Valores médios (± desvio-padrão) para as características comprimento e largura do limbo, comprimento x largura, área foliar real e área foliar estimada para as espécies *Coccoloba rosea* e *Coccoloba ramosissima*.

Espécies	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Comp.x Larg. (cm ²)	Área foliar real (cm ²)	Área foliar estimada (cm ²)
<i>Coccoloba rosea</i>	11,24±1,22	9,17±1,05	104,16±21,91	80,19±17,34	81,59±17,16
<i>Coccoloba ramosissima</i>	4,27±0,42	2,97±0,45	12,84±3,09	9,52±2,38	9,44±2,27

Tabela 2. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R²) para estimativa da área foliar (AF) das espécies *C. rosea* e *C. ramosissima* em função do comprimento (C), largura (L) e Comprimento x Largura (CL).

Tipo de equação	Espécie	AF x C	R ²	AF x L	R ²	AF x CL	R ²
Linear	<i>C. rosea</i>	14,71x-85,14	0,90	15,92x-65,86	0,94	0,78x-1,40	0,98
	<i>C. ramosissima</i>	5,00x-11,84	0,80	4,61x-4,19	0,78	0,73x+0,08	0,91
Linear (0,0)	<i>C. rosea</i>	...	...	...	...	0,7705x	0,98
	<i>C. ramosissima</i>	...	...	...	...	0,7416x	0,91
Polinomial	<i>C. rosea</i>	0,33x ² +7,03x-41,72	0,90	0,99x ² -2,49x+18,02	0,95	-0,0006x ² +0,91x-8,15	0,98
	<i>C. ramosissima</i>	0,81x ² -2,10x+3,55	0,81	1,83x ² -6,37x+11,91	0,82	0,0004x ² +0,73x	0,91
Potência	<i>C. rosea</i>	0,52 x ^{2,07}	0,90	1,43 x ^{1,81}	0,94	0,69x ^{1,02}	0,97
	<i>C. ramosissima</i>	0,38x ^{2,199}	0,78	2,146x ^{1,35}	0,74	0,798x ^{0,969}	0,87
Logarítmica	<i>C. rosea</i>	165,61Ln(x)-319,72	0,89	143,33Ln(x)-236,55	0,92	81,18Ln(x)-295,29	0,96
	<i>C. ramosissima</i>	21,49ln(x)-21,56	0,79	13,11Ln(x)-4,61	0,74	9,42Ln(x)-14,268	0,87
Exponencial	<i>C. rosea</i>	10,07e ^{0,182x}	0,89	12,61e ^{0,199x}	0,94	28,6e ^{0,009x}	0,96
	<i>C. ramosissima</i>	1,057e ^{0,508x}	0,78	2,26e ^{0,47x}	0,78	3,55e ^{0,075x}	0,88

estudadas, demonstrando que o comprimento, a largura e o produto do comprimento pela largura estiveram correlacionados positivamente com a área foliar. No entanto, foi observado que os maiores valores de R² foram obtidos para as equações de regressão linear e polinomial entre a área foliar e o produto do comprimento pela largura das folhas tanto em *C. rosea* (R²=0,98) como em *C. ramosissima* (R²=0,91) (Tabela 2). Tais valores sugerem que 98% da variação total da área foliar de *C. rosea* e 91% da variação total da área foliar de *C. ramosissima* são explicadas pelas referidas equações (BIANCO *et al.*, 2002, 2004; QUEIROGA *et*

al., 2003), indicando que elas permitem obter estimativas bastante precisas da área foliar das espécies em questão.

A estimativa de área foliar através de equações de regressão vem sendo realizada em diversas espécies, mostrando-se uma alternativa confiável para estudos que envolvam tal característica. Na maioria destes estudos, o coeficiente de determinação (R²) é utilizado como parâmetro na escolha dos modelos de estimativa de área foliar. Os valores de R² obtidos neste trabalho para *C. rosea* e *C. ramosissima* estão dentro da média dos obtidos com outras espécies (DA FONSECA & CONDÉ, 1994; TOFOLI *et al.*, 1998b;

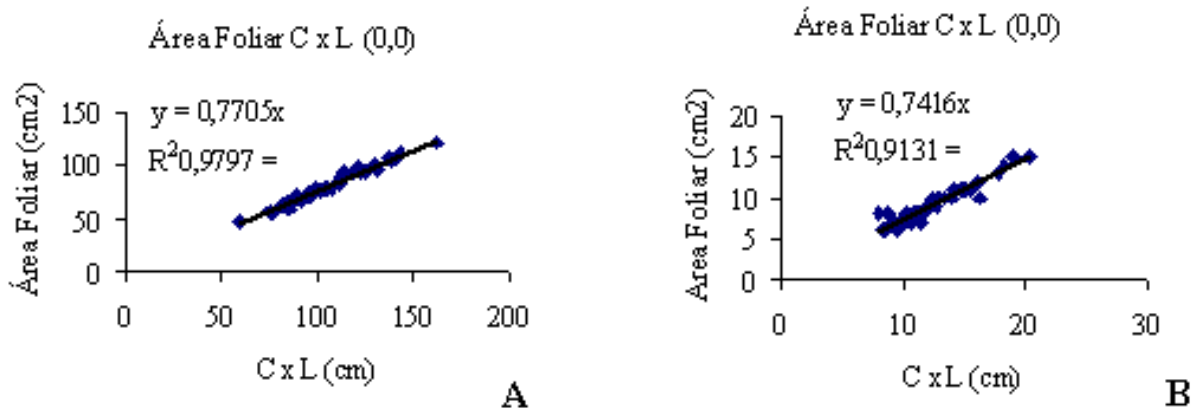


Fig. 1. Representação gráfica da área foliar de *Coccoloba rosea* (A) e *Coccoloba ramosissima* (B) e da equação de regressão indicada para a estimativa da área foliar, em função do comprimento (C) pela largura (L) do limbo foliar.

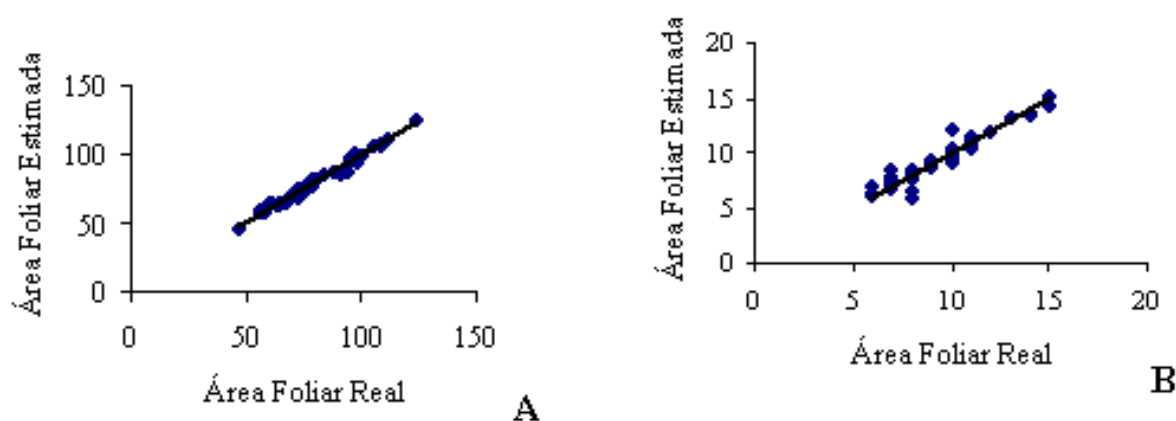


Fig. 2. Análise de correlação entre a área foliar real (cm²) (obtida pelo medidor de área foliar) e a área foliar estimada (cm²) pelo modelo linear para *Cocoloba rosea* (A) e *Cocoloba ramosissima* (B).

QUEIROGA *et al.*, 2003; BIANCO *et al.*, 2004).

Vários autores sugerem que a equação linear com intercepto na origem gera melhores resultados que a linear e por ser simplificada, torna as estimativas mais fáceis e mais rápidas (LAKITAN, 1989; QUEIROGA *et al.*, 2003; BIANCO *et al.*, 2004). Com base nesta informação, utilizou-se o modelo com intercepto na origem para as relações entre a área foliar e o produto do comprimento pela largura, obtendo-se valores de R² semelhantes ao da equação linear inicialmente determinada, apresentando também uma ótima coesão de pontos. Por ser uma equação mais simples e fácil de ser utilizada, a equação linear com intercepto na origem foi a escolhida para estimação da área foliar nas espécies estudadas.

Desta forma, a equação selecionada para se estimar a área foliar de *C. rosea* foi $y=0,7705CL$, que corresponde a 77,05% do produto entre o comprimento e a largura máxima da folha com R²=0,979 (Fig. 1a). A equação selecionada para *C. ramosissima* foi $y=0,7416CL$, que corresponde a 74,16% da área dada pelo comprimento x largura com R²=0,913 (Fig. 1b).

A correlação entre os valores de área foliar real (obtidos pelo medidor de área foliar) e os estimados pelas equações escolhidas apresenta coeficientes angulares próximos de 1 (= 0,9) e coeficientes de correlação iguais a 0,98 e 0,95 para *C. rosea* e *C. ramosissima*, respectivamente (Figs. 2a e 2b). Estes coeficientes confirmam que os valores

da área foliar real correspondem aos valores da área foliar estimada pelo modelo.

É importante salientar que *C. rosea* apresenta polimorfismo foliar durante o seu crescimento. Os indivíduos jovens possuem folhas significativamente maiores que as plantas adultas. O mesmo não ocorre com as folhas de *C. ramosissima*, que em geral não variam muito de tamanho nos diferentes estágios de crescimento da planta. Portanto neste estudo, as equações propostas para as estimativas da área foliar de *C. rosea* e *C. ramosissima* referem-se a indivíduos adultos, não devendo ser usadas em plantas jovens.

CONCLUSÕES

As estimativas de área foliar das espécies investigadas podem ser feitas através de um método não destrutivo utilizando equações de regressão baseadas no comprimento e na largura do limbo. As equações selecionadas para estimar a área foliar de *C. rosea* e *C. ramosissima* são $AF=0,7705CL$ e $AF=0,7416CL$, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa concedida à primeira autora durante o mestrado.

REFERÊNCIAS

- ASSUMPCÃO J & MT NASCIMENTO. 2000. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/IQUIPARI, São João da Barra, RJ, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 14(3): 301-315.
- BENINCASA MMP. 2003. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2ª ed. Jaboticabal: FUNEP.
- BIANCO S, RA PITELLI & LB CARVALHO. 2002. Estimativa da área foliar de *Cissampelos glaberrima* L. usando dimensões lineares do limbo foliar. *Planta Daninha* 21(2): 257-261.
- BIANCO S, RA PITELLI & LB CARVALHO. 2004. Estimativa da área foliar de *Tridax Procumbens* usando dimensões lineares do limbo foliar. *Planta Daninha* 22(2): 247-250.
- CHIRINOS DT, L CHIRINOS-TORRES, F GERAUD-POUEY, O CASTEJÓN, RE FERNÁNDEZ, JÁ VERGARA, LE MÁRMOL, D CHIRINOS-TORRES. 1997. Modelos para estimar el área foliar de melón híbrido Durango. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 14: 163-171.

- COELHO FILHO MA, LR ANGELOCCI, MRB VASCONCELOS & EF COELHO. 2005. Estimativa da área foliar de plantas de Lima ácida 'Tahiti' usando métodos não-destrutivos. **Rev. Bras. Frutic.** 27(1): 163-167.
- DA FONSECA CEL & RCC CONDÉ. 1994. Estimativa da Área Foliar em mudas de Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gom.). **Pesq. Agrop. Bras.** 29(4): 593-599.
- GAMIELY S, WN RANDLE, HA MILIS & DA SMITTLE. 1991. A rapid and nondestructive method for estimating leaf area of onions. **HortScience** 26: 206-207.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2002. **Mapa de climas do Brasil**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#MAPAS>. Acesso em 10 de mar. 2008.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2004. **Normais climatológicas. Série 1961/1990**.
- KANDIANNAN K, C KAILASAM, KK CHANDARAGIRI & N SANKARAN. 2002. Allometric model for leaf area estimation in black pepper (*Peper nigrum* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science** 188: 138-140.
- LAKITAN B. 1989. Empirical model for estimating leaf area in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative** 32: 19-21.
- MARSHALL JK. 1968. Methods of leaf area measurement of large and small leaf samples. **Photosynthetica** 2: 41-47.
- MELO E. 2003. **Revisão das espécies do gênero *Coccoloba* P. Browne nom. cons. (Polygonaceae) do Brasil**. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MIELKE MS, A HOFFMANN, L ENDRES & JC FACHINELLO. 1995. Comparação de métodos de laboratório e de campo para a estimativa da área foliar em fruteiras silvestres. **Sci. Agric.** 52(1): 82-88.
- NESMITH DS. 1992. Estimating summer squash leaf area nondestructively. **HortScience** 27: 77.
- PINTO ACR, T DE JD RODRIGUES, JC BARBOSA & IC LEITE. 2004. Leaf area prediction models for *Zinnia haageana* Regel and 'profusion cherry'. **Scientia Agricola** 61(1): 47-52.
- QUEIROGA JL, EDU ROMANO, JRP SOUZA & E MIGLIORANZA. 2003. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. **Hortic. Bras.** 21(1): 64-68.
- REIS GG & MW MULLER. 1978. **Análise de crescimento de plantas na mensuração do crescimento**. Belém: CPATU.
- TAVARES-JÚNIOR JE, JL FAVARIN, D DOURADO-NETO, AHN MAIA, LC FAZUOLI & MS BERNARDES. 2002. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia** 61(2): 199-203.
- TOFOLI GR, S BIANCO & MCMD PAVANI. 1998b. Estimativa da área foliar de *Solanum americanum* Milll. **Planta Daninha** 16(2): 149-152.
- WILLIAMS III L & TE MARTINSON. 2003. Nondestructive leaf area estimation of 'Niagara' and 'De Chaunac' grapevines. **Scientia Horticulturae** 1913: 1-6.