

Estimativa da área foliar de *Ageratum conyzoides* usando dimensões lineares do limbo foliar

Silvano Bianco*, Matheus Saraiva Bianco e Leonardo Bianco de Carvalho

Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: sbianco@fcav.unesp.br

RESUMO. Com o objetivo de obter uma equação matemática que, por meio de parâmetros lineares dimensionais das folhas, permita a estimativa da área foliar de *Ageratum conyzoides*, estudaram-se relações entre a área foliar real (Sf) e parâmetros dimensionais do limbo foliar, como o comprimento ao longo da nervura principal (C) e a largura máxima (L) perpendicular à nervura principal, em 200 limbos foliares. Foram utilizados os modelos estatísticos: linear $Y = a + bx$; linear simples $Y = bx$, geométrico $Y = ax^b$ e exponencial $Y = ab^x$. Os modelos estatísticos lineares, exponenciais e geométricos obtidos podem ser usados para estimação da área foliar do mentrasto. Do ponto de vista prático, sugere-se optar pelo modelo linear simples, envolvendo o produto $C \cdot L$, com coeficiente linear igual a 0, pois não altera expressivamente a soma de quadrados do resíduo e apresenta análise de resíduos satisfatória. A área foliar pode ser estimada, usando a equação de regressão $Sf = 0,6789 \cdot (C \cdot L)$, que equivale a tomar 67,89% do produto entre o comprimento ao longo da nervura principal e a largura máxima, com um coeficiente de determinação de 0,8630.

Palavras-chave: planta daninha, análise de crescimento, mentrasto.

ABSTRACT. Estimate of *Ageratum conyzoides* leaf area using leaf blade linear measurements. The aim of this research was to obtain a mathematical equation to estimate the leaf area of *Ageratum conyzoides* based on linear measures of its leaf blade. Correlation studies were done using real leaf area (Sf), leaf length (C) and the maximum leaf width (L), in about 200 leaf blades. The evaluated statistic models were: linear $Y = a + bx$; simple linear $Y = bx$; geometric $Y = ax^b$; and exponential $Y = ab^x$. The evaluated linear, exponential and geometric models can be used in the billygoat weed leaf area estimation. In the practical sense, the simple linear regression model is suggested using the $C \cdot L$ multiplication product and taking the linear coefficient equal to zero, because it showed weak alteration on sum of squares error and satisfactory residual analysis. Thus, an estimate of *A. conyzoides* leaf area can be obtained using the equation $Sf = 0.6789 \cdot (C \cdot L)$, with a determination coefficient of 0.8630.

Key words: growth analysis, weed, billygoat weed.

Introdução

Ageratum conyzoides L., vulgarmente conhecida por mentrasto, é planta nativa da América tropical, amplamente dispersa em regiões tropicais e subtropicais do mundo. No Brasil, pode ser encontrada em quase todo o território, porém ocorrem em baixa frequência no sul do país. Esta planta é uma infestante de áreas agrícolas, sendo considerada como planta daninha em cerca de 50 países e tida como invasora de cerca de 40 culturas. No Brasil, ocorre especialmente em pomares, inclusive na copa de laranjeiras. Pode abrigar nematóides dos gêneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus* e *Rotylenchulus*, além de estar apta a ser infectada pelo vírus do enrugamento foliar do tabaco (Kissmann e

Groth, 1999).

Considerando a importância dessa planta, há grande necessidade de estudos básicos, envolvendo aspectos relacionados à reprodução, crescimento, desenvolvimento, exigências em nutrientes, respostas aos sistemas de controle e outros. Na maioria desses estudos, o conhecimento da área foliar é fundamental, e, talvez, o mais importante parâmetro na avaliação do crescimento vegetal. Essa é uma das características mais difíceis de ser mensurada porque, normalmente, requer equipamentos caros ou técnicas destrutivas, como comentam Bianco *et al.* (1983).

Existem vários métodos para se medir com boa precisão a área foliar, sendo classificados em

destrutivos e não-destrutivos, diretos ou indiretos (Marshall, 1968). A importância de utilizar um método não-destrutivo é que ele permite acompanhar o crescimento e a expansão foliar da mesma planta até o final do ciclo ou do ensaio, além de ser rápido e preciso. Assim, a área foliar pode ser estimada, utilizando parâmetros dimensionais de folhas, os quais apresentam boas correlações com a superfície foliar. Um dos métodos não-destrutivos mais utilizados é a estimativa da área foliar por meio de equações de regressão entre a área foliar real (Sf) e parâmetros dimensionais lineares das folhas. Esse método já foi utilizado, com sucesso, para inúmeras plantas cultivadas, tais como abóbora (Silva et al., 1998), videira em cultivar Niagara Rosada (Pedro Júnior et al., 1986), entre outras, e plantas daninhas como *Wissadula subpeltata* (Kuntze) Fries (Bianco et al., 1983), *Senna obtusifolia* (L.) Irwin e Barneby (Peressin et al., 1984), *Amaranthus retroflexus* L. (Bianco et al., 1995), *Richardia brasiliensis* (Gomez) (Rosseto et al., 1997), *Solanum americanum* (Tofoli et al., 1998b), *Cissampelos glaberrima* (Bianco et al., 2002), *Typha latifolia* (Bianco et al., 2003), *Tridax procumbens* (Bianco et al., 2004), entre outras.

O presente trabalho teve por objetivo determinar uma equação matemática adequada para estimar a área foliar do mentrasto (*A. conyzoides*), por meio de medidas lineares de seus limbos foliares.

Material e métodos

Coletaram-se 200 limbos foliares de plantas de *A. conyzoides* que estavam sujeitas às mais diversas condições ecológicas em que a espécie pode ocorrer, considerando todas as folhas das plantas, desde que não apresentassem deformações oriundas de fatores externos como pragas, moléstias e granizo. Na fase de coleta dos dados no campo, foram amostradas de dez a 20 folhas de diferentes plantas, as quais eram levadas ao laboratório para determinação do comprimento do limbo foliar ao longo da nervura principal (C) e da largura máxima do limbo foliar (L) perpendicular à nervura principal. A seguir, suas áreas foliares reais (Sf) foram determinadas com a utilização do aparelho "Portable Area Meter" Licor Mod. L1 – 3000.

Para escolha de uma equação que pudesse representar a área foliar em função das dimensões dos limbos foliares, procederam-se estudos de regressão, utilizando os seguintes modelos estatísticos: linear $Y = a + bx$; linear simples $Y = bx$ (cuja rela passa pela origem), geométrico $Y = ax^b$ e exponencial $Y = ab^x$. O valor Y estimou a área do limbo foliar em função de x, cujos valores podem ser o comprimento (C), a largura (L) ou o produto

(C*L). No caso de x igual ao (C*L), estimou-se também a equação linear passando pela origem, o que, na prática, significa supor que a área é proporcional a um retângulo (C*L). Todas as equações utilizadas são lineares ou linearizáveis por transformação, de modo que os ajustes foram feitos a partir de retas. Para realizar as comparações entre os modelos, foram obtidas as somas de quadrados das diferenças entre os valores observados e os preditos pelos modelos, o que foi denominado soma de quadrados do resíduo. No caso dos modelos com transformação (geométrica e exponencial), foi feito o retorno para a escala original e, após isso, obtidas as referidas somas de quadrados do resíduo. A melhor equação, geralmente, é a que apresenta a menor soma de quadrados do resíduo na escala real (sem transformação).

Os coeficientes de determinação são os obtidos com as variáveis de trabalho x e Y, caso linear; logaritmo de Y e logaritmo de x, no caso geométrico, e logaritmo de Y e x no caso exponencial. O número de graus de liberdade do resíduo é o número de folhas analisadas, menos o número de parâmetros estimados para cada modelo. Para testar o acréscimo de soma de quadrados do resíduo do modelo passando pela origem em relação ao modelo com intercepto, utilizou-se o teste F condicional: $F = (SQRes. (0,0) - SQRes. CL) / SQRes. CL/GL$, com 1 e 2 GL (graus de liberdade), em que GL é o número de folhas menos 2, (Neter e Wasserman, 1974; Mead e Curnow, 1983), sendo que $SQRes(0,0)$ é igual à Soma de Quadrados do Resíduo do modelo linear passando pela origem (modelo $Y = bx$) e a $SQRes (CL)$ é igual à Soma de Quadrados do Resíduo do modelo linear com parâmetros a e b ($Y = a + bx$).

Para a verificação da aceitação do modelo matemático obtido, efetuou-se a análise de resíduos por meio do programa Statistica 6.0 (Statsoft, 2007), sendo apresentada a distribuição dos resíduos pela comparação dos seus valores e os de área foliar juntamente com o histograma de resíduos.

Resultados e discussão

Os resultados de regressão, efetuados relacionando a área foliar real (Sf) e as medidas lineares de comprimento (C), largura (L) e o produto do comprimento pela largura da folha (C*L), são apresentados na Tabela 1. Todas as equações apresentadas permitiram obter estimativas satisfatórias da área foliar de *A. conyzoides*, com coeficientes de determinação acima de 0,70, indicando que 70% das variações observadas na área foliar foram explicadas pelas equações obtidas. As equações que representam

o produto entre o comprimento e a largura, passando ou não pela origem, não mostraram diferenças significativas quando comparadas entre si, sendo o esperado, visto que a retirada de uma constante não afeta o comportamento dos dados (Neter e Wasserman, 1974).

Os valores do comprimento (C) das folhas variaram de 3,5 a 10,0 cm, com valores médios de 6,35 cm, enquanto que a largura (L) máxima das folhas variou de 2,6 a 7,1 cm, com valores médios de 4,49 cm. Para a área foliar real, os valores variaram entre 4,28 e 57,14 cm² e média de 21,20 cm² (Tabela 2).

Tabela 1. Equações de regressão estimadas, coeficientes de determinação, graus de liberdade (G.L.) e somas de quadrados de resíduos (S.Q.) da regressão da área foliar em função das medidas lineares do limbo foliar de *Ageratum conyzoides*. FCAV/Unesp, Jaboticabal, Estado de São Paulo, 2006.

x ⁽¹⁾	Tipos de Equações	Coefficiente de Determinação	G.L.	S.Q. Resíduo escala original	Equação Estimada (Sf)
C	linear	0,8181	198	6385,2118	-9,7071+4,8165*C
L	linear	0,7983	198	7002,6587	-11,0032+7,1706*L
CL	linear	0,8630	198	4926,9626	3,5151+0,5843*CL
CL _(0,0)	linear	0,8632	199	5390,0762	0,6789*CL
C	geométrica	0,7758	198	6525,5163	1,5674*C ^{1,3690}
L	geométrica	0,7331	198	7191,2257	2,3352*L ^{1,4249}
C	exponencial	0,7331	198	6177,2091	4,6995*1,2437 ^C
L	exponencial	0,7363	198	7070,4049	4,6420*1,3694 ^L

⁽¹⁾ medidas lineares: comprimento (C) e largura (L).

Tabela 2. Valores máximos, mínimos e médios do comprimento ao longo da nervura central, largura e área foliar de 200 limbos de *Ageratum conyzoides*. FCAV/Unesp, Jaboticabal, Estado de São Paulo, 2006.

Característica	Maior valor	Menor valor	Média
Comprimento (cm)	10,00	3,50	6,35
Largura máxima (cm)	7,10	2,60	4,49
Área foliar (cm ²)	57,14	4,28	21,20

A distribuição percentual dos 200 limbos foliares de mentrasto em relação às faixas de tamanho é apresentada na Tabela 3. Observa-se que 88% da área foliar está relacionada com folhas que variam de 10,01 até 40,00 cm² de área, indicando que esta planta daninha possui a maioria de suas folhas de tamanho médio.

Tabela 3. Distribuição percentual de 200 limbos foliares de *Ageratum conyzoides*, em relação às faixas de tamanho. FCAV/Unesp, Jaboticabal, Estado de São Paulo, 2006.

Tamanho (cm ²)	(%)
[< 10,00]	8,0
[10,01 – 20,00]	44,0
[20,01 – 30,00]	29,5
[30,01 – 40,00]	14,5
[40,01 – 50,00]	3,0
[> 50,00]	1,0

Os maiores valores do coeficiente de determinação e os menores valores da soma de

quadrados do resíduo foram observados para as regressões lineares entre a área foliar real e o produto do comprimento pela largura da folha, indicando ser as equações que permitem obter estimativas mais acuradas da área foliar do mentrasto (Tabela 1). Nota-se que essas equações apresentaram estimativas do coeficiente de determinação em torno de 0,86, indicando que, da variabilidade total existente na área foliar, cerca de 86% pode ser explicada pela regressão linear. A equação linear simples, com a reta passando pela origem, é a mais recomendada, pois não altera expressivamente a soma de quadrados do resíduo (Tabela 1), apresentando análise de resíduos satisfatória (Figura 1), além de ser a de mais fácil utilização do ponto de vista prático.

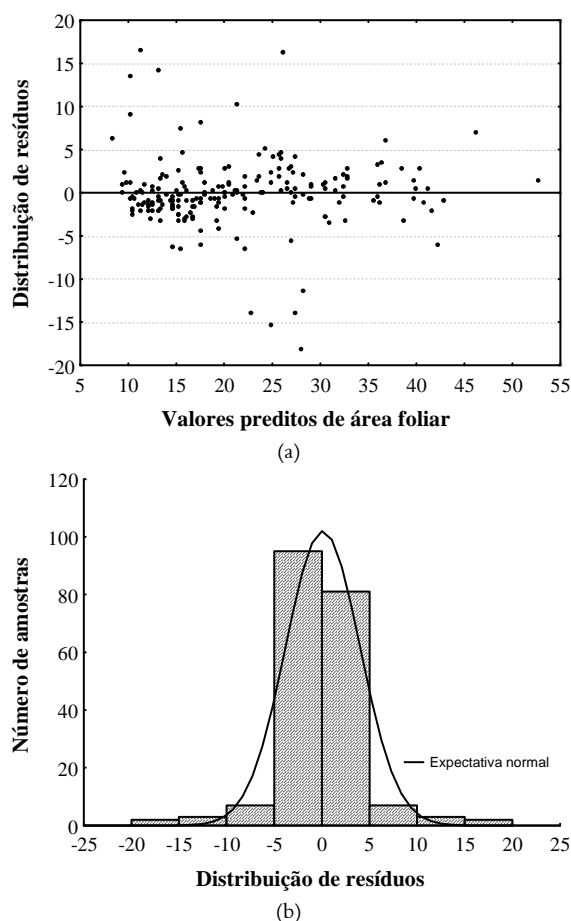


Figura 1. Análise de resíduos referente à equação de regressão linear simples, de coeficiente linear igual a 0, caracterizada pela comparação dos valores de área foliar e resíduos (a), e pelo histograma de resíduos (b). FCAV/Unesp, Jaboticabal, Estado de São Paulo, 2006.

Apesar da dispersão de alguns dados na análise de resíduos (Figura 1a), observa-se tendência geral de normalidade na sua distribuição (Figura 1b). Este

fato é aceitável para o parâmetro de crescimento estudado, considerando os limites ecológicos extremos onde vivem as plantas daninhas, sendo satisfatória a análise de resíduos referente à equação de regressão linear simples.

Portanto, a estimativa da área foliar do mentrasto pode ser feita pela equação $Sf = 0,6789*(C*L)$, que corresponde a 67,89% do produto entre comprimento e a largura máxima da folha, ou 67,89% da área dada pelo comprimento x largura (Figura 2).

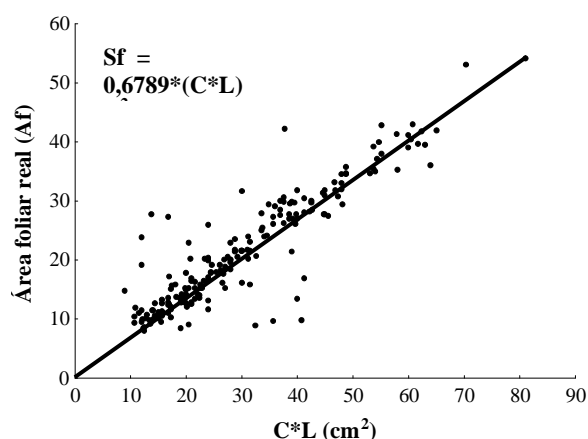


Figura 2. Representação gráfica da área foliar de *Ageratum conyzoides* e da equação de regressão indicada para estimativa da área foliar da planta daninha, em função do produto do comprimento (C) pela largura (L) máxima do limbo foliar. FCAV/Unesp, Jaboticabal, Estado de São Paulo, 2006.

Deve-se ressaltar que houve uma pequena dispersão dos dados em relação à reta obtida, sugerindo que a equação $Sf = 0,6789*(C*L)$ pode representar a área foliar real muito satisfatoriamente (Figura 2), o que, do ponto de vista prático, seria a mais recomendável. O valor obtido é inferior aos observados para *Portulaca oleracea* (Pedrinho Junior et al., 2000) e *C. glaberrima* (Bianco et al., 2002); porém, são superiores aos observados para *A. retroflexus* (Bianco et al., 1995), *Nicandra physaloides* (Bianco et al., 1996), *R. brasiliensis* (Rosseto et al., 1997), *Raphanus raphanistrum* (Tofoli et al., 1998a), *S. americanum* (Tofoli et al., 1998b), *Acanthospermum australe* (Bianco et al., 2001) e *T. procumbens* (Bianco et al., 2004).

Conclusão

A estimativa da área foliar de plantas de *A. conyzoides* pode ser realizada com base na equação de regressão $Sf = 0,6789*(C*L)$, em que C é o comprimento do limbo foliar ao longo da nervura principal e L é a largura máxima do limbo foliar

perpendicular à nervura principal. Por esta equação, pode ser explicada 86,30% da variabilidade total existente na área foliar, sendo esse valor ótimo para o parâmetro de crescimento em estudo, considerando-se as diversas condições ecológicas em que a espécie ocorre.

Referências

- BIANCO, S. et al. Métodos para estimativa da área foliar de plantas daninhas. 2. *Wissadula subpeltata* (Kuntze) Fries. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 21-24, 1983.
- BIANCO, S. et al. Estimativa de área foliar de plantas daninhas. XIII – *Amaranthus retroflexus* L. *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, v. 20, n. 1, p. 5-9, 1995.
- BIANCO, S. et al. Estimativa da área foliar de plantas daninhas: XIV – *Nicandra physaloides* (L.) Pers. *Cultura Agron.*, Ilha Solteira, v. 5, n. 1, p. 33-38, 1996.
- BIANCO, S. et al. Estimativa da área foliar de *Acanthospermum australe* (Loef.) Kuntze. *Cultura Agron.*, Ilha Solteira, v. 10, n. 1, p. 111-118, 2001.
- BIANCO, S. et al. Estimativa da área foliar de *Cissampelos glaberrima* L. usando dimensões lineares do limbo foliar. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 353-356, 2002.
- BIANCO, S. et al. Estimativa da área foliar de *Typha latifolia* L. usando dimensões lineares do limbo foliar. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 257-261, 2003.
- BIANCO, S. et al. Estimativa da área foliar de *Tridax procumbens* usando dimensões lineares do limbo foliar. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 247-250, 2004.
- KISSMANN, K.G.; GROTH, D. *Plantas infestantes e nocivas*. 2. ed. São Paulo: BASF, 1999.
- MARSHALL, J.K. Methods of leaf area measurement of large and small leaf samples. *Photosynthetica*, Praha, v. 2, n. 1, p. 41-47, 1968.
- MEAD, R.; CURNOW, R.N. *Statistical methods in agriculture and experimental biology*. New York: Chapman and Hall, 1983.
- NETER, J.; WASSERMAN, W. *Applied models: regressions, analysis of variance and experimental designs*. Illinois: Richard D. Irwin, 1974.
- PEDRO JUNIOR, M.J. et al. Determinação da área foliar em videira cultivar Niagara Rosada. *Bragantia*, Campinas, v. 45, n. 1, p. 199-204, 1986.
- PEDRINHO JUNIOR, A.F.F. et al. Estimativa da área foliar de plantas daninhas: *Portulaca oleracea* L. *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, v. 25, n. 1, p. 86-88, 2000.
- PERESSIN, V.A. et al. Métodos para estimativa da área foliar de plantas daninhas. 4. *Cassia tora* L. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 7, n. 2, p. 48-52, 1984.
- ROSSETO, R.R. et al. Estimativa da área foliar de plantas daninhas: poaia-branca. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 25-29, 1997.
- SILVA, N.F. et al. Modelos para estimar a área foliar de abóbora por meio de medidas lineares. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 45, n. 259, p. 287-291, 1998.
- STATSOFT, Inc. *Statistica. Data analysis software system*.

Version 6. Disponível em: <<http://www.statsoft.com>>. Acesso em: 16 jul. 2007.

TOFOLI, G.R. *et al.* Estimativa da área foliar de plantas daninhas (*Raphanus raphanistrum* L.). *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, v. 23, n. 1, p. 5-7, 1998a.

TOFOLI, G.R. *et al.* Estimativa da área foliar de *Solanum*

americanum Mill. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 149-152, 1998b.

Received on December 11, 2006.

Accepted on August 16, 2007.