



Artigo Original / Original Paper

Estimativa da área foliar de *Mesosphaerum suaveolens* a partir de relações alométricas

Estimation of leaf area of Mesosphaerum suaveolens from allometric relations

João Everthon da Silva Ribeiro^{1,3,4}, Jackson Silva Nóbrega¹, Francisco Romário Andrade Figueiredo², Jean Telvio Andrade Ferreira¹, Walter Esfrain Pereira¹, Riselane de Lucena Alcântara Bruno¹ & Manoel Bandeira de Albuquerque¹

Resumo

A determinação da área foliar é de fundamental importância em estudos ecofisiológicos que buscam entender a relação planta-ambiente. Objetivou-se com esta pesquisa determinar uma equação alométrica que permita estimar a área foliar de *Mesosphaerum suaveolens* a partir de medidas lineares do limbo foliar (comprimento e/ou largura). Coletaram-se 900 limbos foliares aleatórios de diferentes formas e tamanhos, em uma área de Caatinga antropizada, localizada no município de Santa Luzia, estado da Paraíba, nordeste do Brasil. Para a construção das equações alométricas utilizaram-se os seguintes modelos de regressão: linear, linear sem intercepto, quadrático, cúbico, potência e exponencial. O modelo linear sem intercepto utilizando o produto entre comprimento e largura (C.L) foi o mais indicado para estimar a área foliar de *M. suaveolens*, com maior coeficiente de determinação (R^2) e índice de concordância de Willmott (d), menor erro absoluto médio (MAE), critério de informação de Akaike (AIC) e raiz do quadrado médio do erro (RQME), e índice BIAS mais próximo de zero ($R^2 = 0,9971$; $d = 0,9989$; MAE = 0,422; AIC = 2094,69; RQME = 0,770; BIAS = -0,0105). A área foliar de *M. suaveolens* pode ser estimada satisfatoriamente pela equação $AF = 0,6787*(C.L)$.

Palavras-chave: alfazema-brava, biometria, Lamiaceae, método não destrutivo.

Abstract

The determination of leaf area is of fundamental importance in ecophysiological studies that seek to understand the plant-environment relationship. The objective of this research was to determine an allometric equation to estimate the leaf area of *Mesosphaerum suaveolens* from linear measures of leaf blade (length and/or width). There were collected 900 random leaf limbs of different shapes and sizes, in an anthropic area of caatinga, located in the municipality of Santa Luzia, state of Paraíba, Northeast of Brazil. For the construction of the allometric equations the following regression models were used: linear, linear without intercept, quadratic, cubic, power, and exponential. The linear model without intercept using the product between length and width (C.L) was the most recommended to estimate the leaf area of *M. suaveolens*, with greater coefficient of determination (R^2) and Willmott concordance index (d), lesser mean absolute error (MAE), Akaike information criterion (AIC) and root-mean-square error (RQME), and the closer the BIAS ratio is to zero ($R^2 = 0.9971$; $d = 0.9989$; MAE = 0.422; AIC = 2094.69; RQME = 0.770; BIAS = -0.0105). The leaf area of *M. suaveolens* can be estimated satisfactorily by equation $AF = 0.6787*(C.L)$.

Key words: alfazema-brava, biometry, Lamiaceae, non-destructive method.

¹ Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Rod. BR-079, Campus II, 58397-000, Areia, PB, Brasil.

² Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av. Francisco Mota-572, Bairro Costa e Silva, 59625-900, Mossoró, RN, Brasil

³ ORCID: <<https://orcid.org/0000-0002-1937-0066>>

⁴ Autor para correspondência: j.everthon@hotmail.com

Introdução

Mesosphaerum suaveolens (L.) Kuntze é uma espécie anual pertencente à família Lamiaceae, com porte de 0,50 a 1,90 podendo atingir até 2,5 m de altura, de acordo com o ambiente (Raizada 2006). Sua ocorrência é comum em ambientes antropizados, como por exemplo, em beira de estradas, áreas de pastagens, cultivos perenes e anuais (Maia *et al.* 2008). Apresenta distribuição geográfica em regiões tropicais e subtropicais, principalmente na América do Sul, África Ocidental e norte da Nigéria. No Brasil é registrada em todas as regiões do território nacional e destaca-se pelo alto valor na medicina popular, principalmente na Região Nordeste, sendo conhecida popularmente como cheirosa, alfavacão, metrasto-graçú, melissa-de-pison, pataquera, betônica-brava, betônia-branca, bamburral, sambacoité, alfavema-brava, salva-limão, mentrasto-do-grande, alfavaca-de-caboclo, alfavema-de-caboclo e chá-de-frança (Lorenzi & Matos 2002).

A parte aérea das plantas medicinais é a principal matéria prima para fabricação de produtos fitoterápicos, principalmente as folhas, onde é encontrado maior quantidade de compostos bioativos (Koche *et al.* 2010). Nas folhas de *M. suaveolens* estão presentes quantidades significativas de alcaloides, flavonoides, saponinas, taninos e terpenos, que são empregados nos tratamentos de bronquite, doenças de pele, problemas respiratórios em geral, febre, distúrbios no sistema digestivo, ação antibacteriana, antifúngica e também como inseticida, contra *Aedes aegypti* (4º estágio) (Falcão & Menezes 2003; Gómez-Peralta *et al.* 2009; Satish *et al.* 2010; Chatri *et al.* 2014).

Diante da importância dessa espécie, estudos ecofisiológicos são importantes para avaliar o crescimento, desenvolvimento e reprodução da planta. Dentre esses estudos, a estimativa da área foliar vem se destacando, considerando-se como o parâmetro de maior importância para o desenvolvimento de plantas (Taiz *et al.* 2017). Inúmeros estudos foram realizados para estimativa da área foliar de espécies medicinais, como *Jatropha curcas* L. (Pompelli *et al.* 2012), *Rosa hybrida* L. (Gao *et al.* 2012), *Solanum melongena* L. (Hinnah *et al.* 2014), *Calotropis procera* (Aiton) W.T. Aiton. (Ferreira *et al.* 2015), *Brassica napus* L. (Tartaglia *et al.* 2016), *Crotalaria juncea* L. (Carvalho *et al.* 2017a), *Plectranthus ornatus* Codd. (Silva *et al.* 2017), e *Commelina diffusa*

Burm.f. (Carvalho *et al.* 2017b).

Este parâmetro é utilizado como medida indicativa de crescimento e produtividade de vegetais, devido as folhas serem responsáveis pelas trocas gasosas, atuando diretamente na eficiência fotossintética, transpiração, quantidade de nutrientes e produção de biomassa (Jadoski *et al.* 2012; Schmildt *et al.* 2014).

Existem diferentes métodos utilizados para determinação da área foliar, sendo classificados como diretos e indiretos, destrutivos e não destrutivos (Peksen 2007; Sousa *et al.* 2015). Os métodos diretos (destrutivos), geralmente são simples e precisos, porém demandam maior tempo e mão de obra, bem como provocam a destruição das folhas (Lu *et al.* 2004; Grecco *et al.* 2011), tornando-se inviável em espécies ameaçadas de extinção, de pequeno porte e em estágios de vida que não suportam a retirada dos limbos foliares. O uso de equações alométricas para estimativa da área foliar a partir do comprimento e largura dos limbos foliares é um método não destrutivo (método indireto) tão eficiente quanto os métodos destrutivos, sendo mais simples e prático, mesmo sob diferentes condições das plantas, permitindo múltiplas avaliações durante todo o ciclo dos indivíduos (Pompelli *et al.* 2012; Mota *et al.* 2014).

Diante disso, o objetivo da pesquisa foi construir uma equação alométrica (método não destrutivo) que determine a área foliar de *M. suaveolens* a partir de medidas lineares dos limbos foliares.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada em uma área de Caatinga antropizada, no município de Santa Luzia, localizado na microrregião do Seridó Ocidental Paraibano e mesorregião da Borborema, do estado da Paraíba, nordeste do Brasil (6°52'19"S, 36°55'08"W) (Fig. 1). A região apresenta temperatura entre 25 e 28 °C (Damasceno *et al.* 2010), altitude de 299 metros e média pluviométrica anual de 550,5 mm. O clima é semiárido quente (BSh), segundo a classificação Köppen, com irregularidades no regime pluviométrico durante todo o ano.

Coletaram-se aleatoriamente 900 limbos foliares com formatos e tamanhos diferentes em 50 indivíduos de *M. suaveolens*, sendo as folhas saudáveis, livres de danos, pragas, doenças e, ou, fatores abióticos (Lucena *et al.* 2011). Posteriormente, os limbos foliares foram

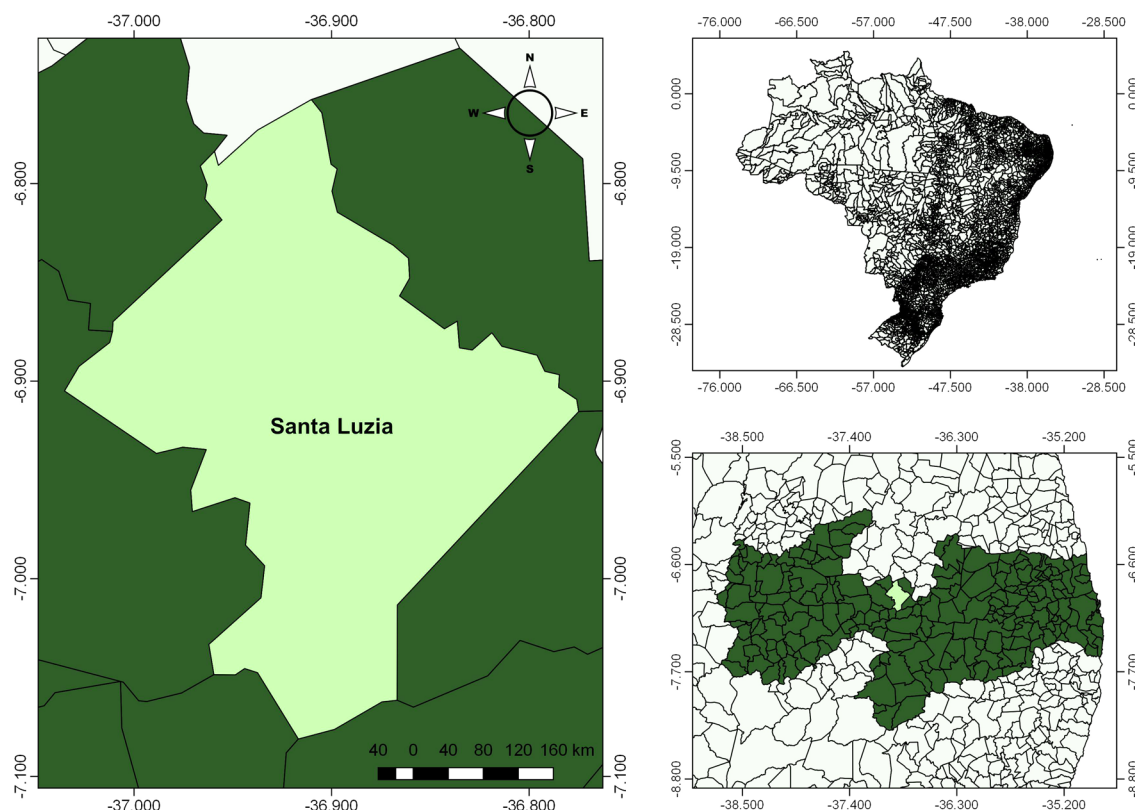


Figura 1 - Localização geográfica do município de Santa Luzia, estado da Paraíba, nordeste do Brasil.
Figure 1 - Geographic location of municipality of Santa Luzia, state of Paraíba, Northeast of Brazil.

armazenados e acondicionados em sacos plásticos, e encaminhados ao Laboratório de Ecologia Vegetal, pertencente a Universidade Federal da Paraíba, Campus II. Em cada limbo, mensurou-se o comprimento máximo (C) e largura máxima (L) (Fig. 2), através de uma régua graduada em milímetros. A partir dos valores obtidos do comprimento e largura, calculou-se o produto entre esses parâmetros (C.L). Para determinação da área foliar real (AF), os limbos foram digitalizados a partir de um scanner de mesa (Canon, P-215II), e as imagens foram contrastadas e analisadas com uso do Software *ImageJ*[®] (Ribeiro *et al.* 2018).

A partir dos dados de comprimento (C), largura (L), produto entre comprimento e largura (C.L), e área foliar real (AF) dos 900 limbos foliares, realizou-se uma análise descritiva dos dados e calcularam-se os valores mínimo e máximo; média, mediana, variância, amplitude total, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação, para cada variável.

Para a construção das equações alométricas, empregou-se o uso dos modelos de regressão: linear

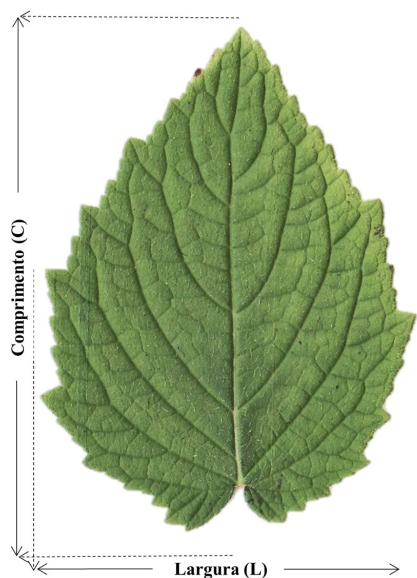


Figura 2 – Dimensões lineares do limbo foliar (comprimento e largura) de *M. suaveolens* utilizados na estimativa da área foliar.

Figure 2 – Linear dimensions of the leaf blade (length and width) of *M. suaveolens* used in the estimation of the leaf area.

simples, linear sem intercepto, quadrático, cúbico, potência e exponencial. A descrição dos modelos utilizados está apresentada na Tabela 1. Para escolha da melhor equação que estime satisfatoriamente a área foliar de *M. suaveolens* a partir de dimensões lineares das folhas, utilizaram-se os critérios de maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e

índice de concordância de Willmott (d) (Willmott *et al.* 1985); menor erro absoluto médio (MAE), critério de informação de Akaike (AIC) (Floriano *et al.* 2006) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) (Janssen & Heuberger 1995; Xue *et al.* 2004); e índice BIAS mais próximo de zero (Leite & Lima 2002). As análises estatísticas foram realizadas no software R® v.3.5.1 (R Core Team 2018).

Tabela 1 – Modelos utilizados na estimativa da área foliar de *M. suaveolens*.

Table 1 – Models used to estimate the leaf area of *M. suaveolens*.

Modelo	Descrição do modelo
Linear	$AF = a + b \cdot C$
Linear	$AF = a + b \cdot L$
Linear	$AF = a + b \cdot (C \cdot L)$
Linear sem intercepto (0,0)	$AF = b \cdot (C \cdot L)$
Quadrático	$AF = a \cdot C^2 + b \cdot C + c$
Quadrático	$AF = a \cdot L^2 + b \cdot L + c$
Quadrático	$AF = a \cdot (C \cdot L)^2 + b \cdot (C \cdot L) + c$
Cúbico	$AF = a \cdot C^3 + b \cdot C^2 + c \cdot C + d$
Cúbico	$AF = a \cdot L^3 + b \cdot L^2 + c \cdot L + d$
Cúbico	$AF = a \cdot (C \cdot L)^3 + b \cdot (C \cdot L)^2 + c \cdot (C \cdot L) + d$
Potência	$AF = a \cdot C^b$
Potência	$AF = a \cdot L^b$
Potência	$AF = a \cdot (C \cdot L)^b$
Exponencial	$AF = a \cdot b^C$
Exponencial	$AF = a \cdot b^L$
Exponencial	$AF = a \cdot b^{(C \cdot L)}$

Resultados e Discussão

A análise descritiva dos dados obtidos a partir dos limbos foliares de *M. suaveolens* com os valores mínimo, máximo, média, mediana, variância, amplitude total, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação, estão apresentados na Tabela 2. Os valores do comprimento das folhas (C) variaram de 0,83 a 10,69 cm, com média de 3,79 cm; a largura dos limbos foliares apresentou média de 2,54, com valores que variaram de 0,44 a 7,89 cm; o produto entre comprimento e largura (C.L) variou de 0,36 a 80,48 cm², com média de 13,45; e a área foliar real (AF) apresentou valores médios de 9,05 cm², que variaram de 0,28 a 57,11 cm² (Tab. 2).

De acordo com a variabilidade dos dados, os menores coeficientes de variação foram observados nas dimensões do comprimento e largura (58,61 e 69,26%, respectivamente), e a maior variabilidade foi constatada nos parâmetros do produto entre comprimento e largura (88,66%), e na área foliar real (90,74%) (Tab. 2). Valores elevados de amplitude total, desvio padrão e coeficiente de variação são de extrema importância em estudos que envolvem o uso de modelos de regressão na estimativa da área foliar. Quanto maior a variabilidade dos dados avaliados, melhor será a representatividade dos modelos, pois assim permitirá a utilização em diferentes estádios fenológicos da planta. Diante disso, o número de limbos foliares utilizados no presente estudo (900 limbos) é ideal para construir

Tabela 2 – Mínimo, máximo, média, mediana, variância, amplitude total, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação (C.V.) para comprimento, largura, produto entre comprimento e largura, e área foliar real de 900 limbos foliares de *M. suaveolens*.

Table 2 – Minimum, maximum, mean, median, variance, total amplitude, standard deviation, standard error and coefficient of variation (C.V.) for length, width, product between length and width, and real leaf area of 900 *M. suaveolens* leaf blades.

Estadística descritiva	Comprimento	Largura	Produto (C.L)	Área foliar
Mínimo	0,83	0,44	0,36	0,28
Máximo	10,69	7,89	80,48	57,11
Média	3,79	2,54	13,45	9,05
Mediana	2,92	1,85	5,29	3,58
Variância	4,95	3,09	299,87	140,20
Amplitude Total	9,86	7,45	80,12	56,83
Desvio Padrão	2,22	1,75	17,31	11,84
Erro Padrão	0,07	0,06	0,57	0,39
C.V. (%)	58,61%	69,26%	88,66%	90,74%

modelos que permitam estimar a área foliar da espécie em função de dimensões das folhas. A ampla variabilidade registrada para o produto (C.L) e área foliar real (AF) também foi encontrada em outros estudos (Toebe *et al.* 2012; Francisco *et al.* 2014; Schmildt *et al.* 2015, 2016a; Leite *et al.* 2017; Ribeiro *et al.* 2018).

A distribuição percentual dos 900 limbos foliares de *M. suaveolens* em relação as faixas de tamanho, estão apresentados na Tabela 3. Observa-se que 54,6% da área foliar real está dentro da faixa de 0,25 a 4,0 cm², evidenciando que a maioria dos limbos foliares desta espécie são de tamanho pequeno.

Na Tabela 4, observa-se as equações alométricas propostas a partir dos modelos de regressão relacionando a área foliar real (AF) em função de medidas lineares do limbo foliar (C, L e C.L). Observou-se que todas as equações propostas podem ser utilizadas para estimar de maneira satisfatória a área foliar de *M. suaveolens*, com altos valores dos coeficientes de determinação ($R^2 > 0,90$), confirmando que pelo menos 90% das variações nas áreas foliares reais da espécie foram explicadas pelas equações, a partir de dimensões lineares dos limbos foliares.

As equações que utilizaram o produto entre comprimento e largura (C.L) apresentaram critérios

Tabela 3 – Distribuição percentual da área foliar real (AF) de 900 limbos foliares de *M. suaveolens* em diferentes faixas de tamanho.

Table 3 – Percentage distribution of the real leaf area (AF) of 900 leaf blades of *M. suaveolens* in different size ranges.

Área foliar (cm ²)	(%)
[0,25 - 4,0]	54,6
[4,01 - 8,0]	16,6
[8,01 - 16,0]	10,2
[16,01 - 24,0]	5,0
[24,01 - 32,0]	5,2
[32,01 - 40,0]	5,2
[40,01 - 58,0]	3,2

Tabela 4 – Modelos, equações, coeficiente de determinação (R^2), critério de informação de Akaike (AIC), raiz do quadrado médio do erro (RQME), erro absoluto médio (MAE), índice de concordância de Willmott (d) e índice BIAS em função de medidas lineares das folhas de *M. suaveolens*.

Table 4 – Models, equations, coefficient of determination (R^2), Akaike information criterion (AIC), root-mean-square error (RQME), mean absolute error (MAE), Willmott concordance index (d) and the BIAS ratio as a function of linear measurements of leaves of *M. suaveolens*.

Modelo	R^2	AIC	RQME	MAE	d	BIAS	Equação
Linear	0,9058	4880,71	3,630	2,701	0,9747	-0,0782	$AF = -10,172 + 5,064 * C$
Linear	0,9587	4139,75	2,405	1,820	0,9893	-0,0188	$AF = -7,683 + 6,591 * L$
Linear	0,9955	2149,78	0,796	0,442	0,9988	-0,0166	$AF = -0,1256 + 0,6822 * (C.L)$
Linear (0,0)	0,9971	2094,69	0,770	0,422	0,9989	-0,0105	$AF = 0,6787 * (C.L)$
Quadrático	0,9732	3751,42	1,936	1,051	0,9931	0,0451	$AF = 0,658 * C^2 - 1,524 * C + 2,098$
Quadrático	0,9927	2579,35	1,010	0,608	0,9981	0,0855	$AF = 0,7451 * L^2 + 1,0564 * L - 0,7350$
Quadrático	0,9956	2161,62	0,802	0,435	0,9988	0,0387	$AF = 0,0004 * (C.L)^2 + 0,6545 * (C.L) + 0,0203$
Cúbico	0,9731	3753,37	1,936	1,048	0,9931	0,0206	$AF = 0,0011 * C^3 + 0,6396 * C^2 - 1,4403 * C + 1,9931$
Cúbico	0,9927	2581,16	1,010	0,606	0,9981	0,0236	$AF = -0,0024 * L^3 + 0,7734 * L^2 + 0,9654 * L - 0,6583$
Cúbico	0,9957	2118,24	0,782	0,425	0,9988	-0,0124	$AF = -0,00001 * (C.L)^3 + 0,0024 * (C.L)^2 + 0,6044 * (C.L) + 0,2006$
Potência	0,9730	3760,47	1,948	1,056	0,9931	0,0860	$AF = 0,2963 * C^{2,2507}$
Potência	0,9927	2579,37	1,011	0,600	0,9981	-0,0195	$AF = 1,203 * L^{1,840}$
Potência	0,9956	2118,77	0,782	0,434	0,9988	0,0164	$AF = 0,6229 * (C.L)^{1,0225}$
Exponencial	0,9488	4422,57	2,814	2,019	0,9845	-0,6490	$AF = 1,699 * 1,428^C$
Exponencial	0,9596	4240,73	2,544	2,094	0,9874	-0,6743	$AF = 2,323 * 1,525^L$
Exponencial	0,9488	5189,15	2,544	2,094	0,9874	-0,6743	$AF = 5,033 * 1,034^{(C.L)}$

satisfatórios para os modelos de regressão em comparação aos que empregaram o comprimento (C) ou largura (L) (Tab. 4), proporcionando melhor ajuste dos modelos (Cardozo *et al.* 2014; Sachet *et al.* 2015; Schmildt *et al.* 2016b; Oliveira *et al.* 2017; Lucena *et al.* 2018), exceto para o modelo exponencial onde os melhores índices foram encontrados quando utiliza-se apenas a largura das folhas (Kumar 2009; Figueiredo *et al.* 2012; Silva *et al.* 2017).

Em relação aos critérios utilizados para escolha da melhor equação que estime satisfatoriamente a área foliar de *M. suaveolens* em função de medidas foliares, o modelo linear sem intercepto utilizando o produto entre comprimento e largura (C.L) obteve os maiores valores de R^2 e d (0,9971 e 0,9989, respectivamente), menores valores de MAE (0,422), AIC (2094,69) e RQME (0,770), e BIAS mais próximo de zero (-0,0105) (Tab. 4). Sendo assim, a área foliar de *M. suaveolens* pode ser

estimada através da equação $AF = 0,6787 * (C.L)$, que corresponde a 67,87% do produto (C.L). Este modelo também foi indicado para estimativa da área foliar de outras espécies medicinais, como por exemplo *Ageratum conyzoides* L. [$AF = 0,6789 * (C.L)$] (Bianco *et al.* 2008), *Ziziphus joazeiro* Mart. [$AF = 0,7931 * (C.L)$] (Maracajá *et al.* 2008), *Combretum leprosum* Mart. [$AF = 0,7103 * (C.L)$] (Candido *et al.* 2013), *Capsicum annum* L. [$AF = 0,57 * (C.L)$] (Padrón *et al.* 2016), *Crotalaria juncea* L. [$AF = 0,7390 * (C.L)$] (Carvalho *et al.* 2017a).

De acordo com a equação selecionada para estimar a área foliar da espécie [$AF = 0,6787 * (C.L)$], houve pouca dispersão dos dados em relação a reta com a curva ajustada, indicando satisfatoriamente a precisão do modelo escolhido (Fig. 3). Diante disso, a estimativa da área foliar de *M. suaveolens* a partir da equação $AF = 0,6787 * (C.L)$ apresentou uma alta correlação positiva com a área foliar real, em que o

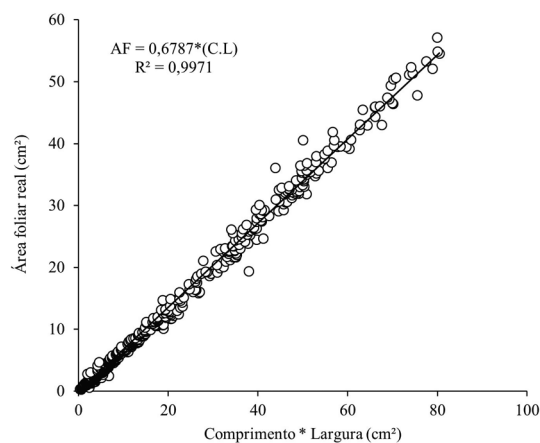


Figura 3 - Relação entre área foliar real (AF) de *M. suaveolens* em função do produto (C.L) dos limbos foliares, pela equação indicada para estimar a área foliar [AF = 0,6787*(C.L)].

Figure 3 - Relation between real leaf area (AF) of *M. suaveolens* as a function of the product (C.L) of leaf blades, by the equation indicated to estimate the leaf area [AF = 0.6787*(C.L)].

coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,9955 entre estes parâmetros (Fig. 4). Dessa forma, área foliar de *M. suaveolens* pode ser estimada com precisão a partir do método não destrutivo, empregando-se o produto entre comprimento e largura (C.L) dos limbos foliares. A equação $AF = 0,6787*(C.L)$ estima de forma satisfatória a área foliar de *M. suaveolens* de forma prática e rápida.

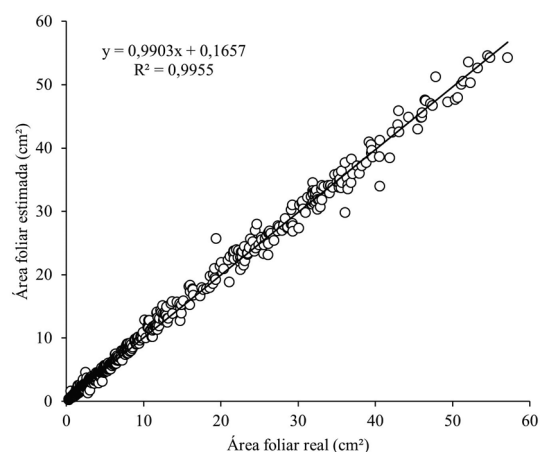


Figura 4 – Relação entre área foliar real e área foliar estimada de *M. suaveolens* a partir da equação de regressão $AF = 0,6787*(C.L)$.

Figure 4 – Relation between real leaf area and estimated leaf area of *M. suaveolens* by the regression equation $AF = 0.6787*(C.L)$.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Bianco S, Bianco MS & Carvalho LB (2008) Estimativa da área foliar de *Ageratum conyzoides* usando dimensões lineares do limbo foliar. *Acta Scientiarum. Agronomy* 30: 519-523.
- Candido WS, Coelho MFB, Maia SSS, Cunha CSM & Silva RCP (2013) Modelo para estimar a área foliar de *Combretum leprosum* Mart. *Acta Agronomica* 62: 37-41.
- Cardozo NP, Parreira MC, Panosso AR & Volpe CA (2014) Modelagem da área foliar de duas cultivares de amendoim em função das dimensões lineares dos folíolos. *Bioscience Journal* 30: 101-107.
- Carvalho JO, Toebe M, Tartaglia FL, Bandeira CT & Tambara AL (2017a) Leaf area estimation from linear measurements in different ages of *Crotalaria juncea* plants. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 89: 1851-1868.
- Carvalho LB, Alves EA & Bianco S (2017b) Non-destructive model to predict *Commelina diffusa* leaf area. *Planta Daninha* 35: 1-5.
- Chatri M, Baktiar A & Adnadi P (2014) Chemical components of essential oils of the leaves of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. from Indonesia. *American Journal of Research Communication* 2: 30-38.
- Damasceno MM, Souto JS & Souto PC (2010) Etnoconhecimento de espécies forrageiras no semi-árido da Paraíba, Brasil. *Engenharia Ambiental* 7: 219-228.
- Falcão DC & Menezes FS (2003) Revisão etnofarmacológica, farmacológica e química do gênero *Hyptis*. *Revista Brasileira de Farmácia* 84: 69-74.
- Ferreira MLA, Silva RA, Pinto MSC, Silva EA & Silva FJ (2015) Determinação da área foliar da flor de seda (*Calotropis procera*) no sertão paraibano. *Agropecuária Científica no Semiárido* 11: 53-55.
- Figueiredo ES, Santos ME & Garcia A (2012) Modelos de determinação não destrutivo da área foliar do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). *Nucleus* 9: 79-84.
- Floriano EP, Müller I, Finger CAG & Schneider PR (2006) Ajuste e seleção de modelos tradicionais para série temporal de dados de altura de árvores. *Ciência Florestal* 16: 177-199.
- Francisco JP, Diotto AV, Folegatti MV, Silva LDB & Piedade SMS (2014) Estimativa da área foliar do abacaxizeiro cv. Vitória por meio de relações alométricas. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36: 285-293.

- Gao M, Van Der Heijden G, Vos J, Eveleens BA & Marcelis LFM (2012) Estimation of leaf area for large scale phenotyping and modeling of rose genotypes. *Scientia Horticulturae* 138: 227-234.
- Gómez-Peralta MA, Imeldalacayo-Morales J & Rosales-Rivera MC (2009) Hojas de chan (*Hyptis suaveolens*) para el control de *Sitophilus zeamais* y *Zabrotes subfasciatus*. *Agronomía Mesoamericana* 20: 263-273.
- Grecco ED, Silveira LFV, Lima VLS & Pezzopane JEM (2011) Estimativa do índice de área foliar e determinação do coeficiente de extinção luminosa da abóbora *Cucurbita moschata* var. japonesa. *Idesia* 29: 37-41.
- Hinnah FD, Heldwein AB, Maldaner IC, Loose LH, Lucas DDP & Bortoluzzi MP (2014) Estimativa da área foliar da berinjela em funções das dimensões foliares. *Bragantia* 73: 213-218.
- Jadoski SO, Lopes EC, Maggi MF, Suchoronczek A, Saito LR & Denega S (2012) Método de determinação da área foliar da cultivar de batata Ágata a partir de dimensões lineares. *Semina* 33: 2545-2554.
- Janssen PHM & Heuberger PSC (1995) Calibration of process - oriented models. *Ecological Modelling* 83: 55-56.
- Kumar R (2009) Calibration and validation of regression model for non-destructive leaf area estimation of saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 122: 142-145.
- Leite HG & Lima VCA (2002) Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. *Revista Árvore* 26: 321-328.
- Leite MLMV, Lucena LRR, Sá Júnior EH & Cruz MG (2017) Estimativa da área foliar em *Urochloa mosambicensis* por dimensões lineares. *Revista Agropecuária Técnica* 38: 9-16.
- Lorenzi HE & Matos FJA (2002) Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. Instituto Plantarum, Nova Odessa. 512p.
- Lu HY, Lu CT, Wei ML & Chan LF (2004) Comparison of different models for nondestructive leaf area estimation in taro. *Agronomy Journal* 96: 448-453.
- Lucena LRR, Leite MLMV, Cruz MG & Sá Júnior EH (2018) Estimativa da área foliar em *Urochloa mosambicensis* por dimensões foliares e imagens digitais. *Archivos de Zootecnia* 67: 408-413.
- Lucena RRM, Batista TMV, Dombroski JLD, Lopes WAR & Rodrigues GSO (2011) Medição de área foliar de aceroleira. *Revista Caatinga* 24: 40-45.
- Maia SSS, Pinto JEBP, Silva FN & Oliveira C (2008) Enraizamento de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Lamiaceae) em função da posição da estaca no ramo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 3: 317-320.
- Maracajá PB, Madalena JÁ, Araújo E, Lima BG & Linhares PC (2008) Estimativa de área foliar de juazeiro por dimensões lineares do limbo foliar. *Revista Verde de Agroecologia* 3: 1-5.
- Oliveira PS, Silva W, Costa AAM, Schmildt ER & Vitória EL (2017) Leaf area estimation in litchi by means of allometric relationships. *Revista Brasileira de Fruticultura* 39: 1-6.
- Padrón RAR, Lopes SJ, Swarowsky A, Cerquera RR, Nogueira CU & Maffei M (2016) Non-destructive models to estimate leaf area on bell pepper crop. *Ciência Rural* 46: 1938-1944.
- Peksen E (2007) Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientia Horticulturae* 113: 322-328.
- Pompelli MF, Antunes WC, Ferreira DTRG, Cavalcante PGS, Wanderley Filho HCL & Endres L (2012) Allometric models for non-destructive leaf area estimation of *Jatropha curcas*. *Biomass and Bioenergy* 36: 77-85.
- R Core Team (2018) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em 3 junho 2018.
- Raizada P (2006) Ecological and vegetative characteristics of a potent invader, *Hyptis suaveolens* Poit. from India. *Lyonia* 11: 115-120.
- Ribeiro JES, Barbosa AJ & Albuquerque MB (2018) Leaf Area Estimate of *Erythroxylum simonis* Plowman by Linear Dimensions. *Floresta e Ambiente* 25: 1-7.
- Sachet MR, Penso GA, Pertille RH, Guerrezi MT & Citadini I (2015) Non destructive leaf area estimation in peach tree. *Ciência Rural* 45: 2161-2163.
- Satish V, Ravichandran VD, Usha G & Paarakh MP (2010) Antimicrobial studies on the extracts of *Cocculus hirsutus* Linn. and *Hyptis suaveolens* Poit. *Indian Journal of Natural Products and Resources* 1: 49-52.
- Schmildt ER, Amaral JAT, Santos JS & Schmildt O (2015) Allometric model for estimating leaf area in clonal varieties of coffee (*Coffea canephora*). *Revista Ciência Agronômica* 46: 740-748.
- Schmildt ER, Hueso JJ & Cuevas J (2014) Allometric models for determining leaf area of vine 'Sugraone'. *Ciência e Técnica Vitivinícola* 29: 61-81.
- Schmildt ER, Negrís FS, Cesana Júnior E, Schmildt O & Alexandre RS (2016a) Equações para estimar área foliar de maracujá amarelo. *Nucleus* 13: 97-104.
- Schmildt ER, Oliari LS, Schmildt O, Alexandre RS, Brumatti JA & Viana DG (2016b) Determinação da área foliar de macadâmia a partir de dimensões lineares do limbo foliar. *Revista Agro@ambiente On-line* 10: 209-216.
- Silva SF, Pereira LR, Cabanez PA, Mendonça RF & Amaral JAT (2017) Modelos alométricos para estimativa da área foliar de boldo pelo método não destrutivo. *Agrarian* 10: 193-198.
- Sousa LF, Santos JGD, Alexandrino E, Maurício RM, Martins AD & Sousa JTL (2015) Método prático e eficiente para estimar a área foliar de gramíneas

- forrageiras tropicais. *Archivos de Zootecnia* 64: 83-85.
- Taiz L, Zeiger E, Møller IM & Murphy A (2017) *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6ª ed. Artmed, Porto Alegre. 888p.
- Tartaglia FL, Righi EZ, Rocha L, Loose LH, Maldaner IC & Heldwein AB (2016) Non-destructive models for leaf area determination in canola. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 20: 551-556.
- Toebe M, Cargnelutti Filho A, Loose LH, Heldwein AB & Zanon AJ (2012) Leaf area of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) according to leaf dimensions. *Semina* 33: 2491-2500.
- Willmott CJ, Ackleson SG, Davis RE, Feddema JJ, Klink KM, Legates DR, O'Donnell J & Roew CM (1985) Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research* 90: 8995-9005.
- Xue Q, Weiss A & Baenziger PS (2004) Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. *Ecological Modelling* 175: 261-270.

Editor de área: Dr. Diego Demarco

Artigo recebido em 20/10/2018. Aceito para publicação em 02/03/2019.



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.