

**MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMATIVA DE  
ÁREA FOLIAR DE TECA (*Tectonas grandis* L. f.)**

**BRAGA**, Nathalia Sousa<sup>1</sup>  
**ARAÚJO**, Ana Camila Aquino<sup>1</sup>  
**ARAÚJO**, Igor David Aquino<sup>1</sup>  
**SOUZA**, Antonio Alan Santos de<sup>1</sup>  
**CUNHA**, Daniel Santos da<sup>1</sup>  
**GIL**, Vicente João Ribeiro<sup>1</sup>  
**ROCHA**, Ian de Souza<sup>1</sup>  
**ALMEIDA**, Inaderson Victor Souza de<sup>1</sup>  
**SILVA**, Raimundo Thiago Lima da<sup>2</sup>

**Recebido em:** 2017.12.15

**Aprovado em:** 2018.09.12

**ISSUE DOI:** 10.3738/1982.2278.2910

**RESUMO:** Esta pesquisa, objetivou obter uma equação que, por meio de parâmetros lineares dimensionais das folhas, permita a estimativa da área foliar de *Tectonas grandis* L. f.. Em agosto de 2015 até setembro de 2016, foram coletados 354 limbos foliares retirados do terço mediano da copa das árvores de três tecais localizado em Capitão Poço, Irituia e Garrafão do Norte, situado na microrregião do Pará. A área foliar foi determinada pelo método dos discos. Ajustaram-se modelos lineares, lineares sem intercepto, quadrático, cúbicos, logarítmicos, exponenciais e potenciais, determinadas considerando-se a área foliar real como variável dependente e o comprimento (C), a largura (L), a soma (C + L) e o produto do (C x L) de cada limbo foliar como variáveis independentes, sendo eliminados os modelos que apresentaram coeficiente de determinação menor que 0,90. A estatística utilizada para validar o desempenho dos modelos, foi o coeficiente de correlação de Pearson (r), o de determinação (R<sup>2</sup>), a raiz do quadrado médio do erro (RQME), o erro absoluto médio (EAM), o índice d de Willmott e o índice CS. Os modelos que melhor se ajustaram aos dados foram: o potencial  $0,0464(C+L)^{2,2397}$ , o linear sem intercepto  $0,4449(CxL)$ , e o quadrático  $0001(CxL)^2 + 0,2573(CxL) + 98,2606$ . A equação linear sem intercepto considerando (CxL) foi o que apresentou o melhor desempenho para estimar a área foliar de teca (*Tectonas Grandis* L. f.).

**Palavras-chaves:** Linear sem intercepto. Parâmetros lineares. Método dos discos.

**MATHEMATICAL MODELS FOR TEAK FOLIAR  
AREA ESTIMATION(*Tectonas grandis* L. f.)**

**SUMMARY:** The objective of this research was to obtain an estimation of the leaf area of *Tectonas grandis* L. f. By means of linear dimensional parameters of the leaves. From August of 2015 to September of 2016, 354 leaf limbs were collected from the middle third of the canopy of three tecales trees located in Capitão Poço, Irituia and Garrafão do Norte, located in the micro region of Pará. Leaf area was determined by the disc method. Linear, linear, non-intercept, quadratic, cubic, logarithmic, exponential and potential linear models were determined, considering the actual leaf area as a dependent variable and length (C), width (L), sum (C+L) and the product of (C x L) of each leaf limb as independent variables, eliminating the models that presented a determination coefficient less than 0.90. Pearson's correlation coefficient (r), determination (R<sup>2</sup>), root mean square error (RQME), mean absolute error (EAM) of Willmott and the CS index. The models that best fit the data were: the potential  $0.0464(C + L)^{2.2397}$ , the linear without intercept  $0.4449(CxL)$ , and the quadratic,  $0001(CxL)^2 + 0,2573(CxL) + 98,2606$ . The linear equation without intercept considering (CxL) was the one that presented the best performance to estimate the teak leaf area (*Tectonas Grandis* L. f.).

**Keywords:** Linear without intercept. Linear parameters. Disk method.

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Capitão Poço, PA

<sup>2</sup>Dr. Engenheiro Agrônomo, Professor de Engenharia de água e solo dos cursos de Agronomia e Engenharia Florestal, da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Capitão Poço, PA.

## INTRODUÇÃO

A teca *Tectona grandis* L.f., é uma espécie florestal monoica pertencente à família Laminaceae e originária da Tailândia, Birmânia, Índia e outras regiões do continente asiático (GONZALÉZ, 2013).

A crescente demanda madeireira associada à exploração intensiva comprometeu os estoques das florestas nativas, evidenciando a necessidade de estudos para aumentar a produção de madeira a partir de florestas plantadas (PEREIRA, 2014).

No ano de 2012, o Brasil tinha 7.185.943 ha de plantios florestais de diversas espécies, em que cerca de 5.102.030 ha (71,0%) eram de eucalipto, 1.562.782 ha (21,7%) de pinus e 521.131 ha (7,3%) de outras espécies. O Estado do Pará está entre as maiores áreas de plantios de teca do Brasil junto dos estados de Roraima e Mato Grosso que juntos totalizam cerca de 67.329 ha (0,9%) (ABRAF, 2013). No entanto, verifica-se que os povoamentos de *Tectona grandis* L. f. apresentam produtividade extremamente variável em decorrência da diversidade de condições físicas e nutricionais do solo, combinadas com os diferentes graus de tratamentos culturais (SHIMIZU; KLEIN; OLIVEIRA, 2007).

A folha é o principal órgão das plantas envolvido na fotossíntese e responsável pelas trocas gasosas entre a planta e a ambiente, razão pela qual o conhecimento da superfície foliar é de grande utilidade para a avaliação de técnicas culturais como poda, adubação, densidade de plantio, evapotranspiração, irrigação, interceptação de luz, eficiência fotossintética e aplicação de defensivos (BLANCO; FOLLEGATTI, 2005; LUCENA *et al.*, 2011).

Nenhum órgão vegetativo das plantas apresenta tão grande polimorfismo e adaptação a diferentes meios e funções como a folha (MEDRANO; FLEXAS 2003). Segundo Moutinho-Pereira (2000) cada folha, dependendo do grau de diferenciação ou da espécie em questão, tem capacidade de reagir a alterações no seu habitat de modo a manter a eficácia fotossintética e hídrica. Considerando tal pressuposto, estudos que visem avaliar a área foliar em plantas sob diferentes condições ambientais se tornam essenciais para o entendimento da relação planta-ambiente.

Existem inúmeras possibilidades para se determinar a área foliar e, normalmente, é utilizada a técnica destrutiva. No entanto, a busca de métodos fáceis de serem executados, rápidos e não destrutivos que estimem a área foliar com precisão torna-se importante para avaliar o crescimento das plantas nas condições de campo (CUNHA *et al.*, 2010).

A área foliar é uma das características mais difíceis de serem mensuradas (BIANCO *et al.*, 2007). A área foliar pode ser estimada utilizando parâmetros dimensionais de folhas, os quais apresentam boas correlações com a superfície foliar por meio de equações de regressão entre a área foliar real e os parâmetros dimensionais lineares das folhas. Pela facilidade e por ser não-destrutivo, os modelos mais utilizados são os que usam comprimento da nervura principal, a largura máxima e as relações entre essas medidas (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Esse método já foi utilizado com sucesso para inúmeras plantas, tais como *Vigna unguiculata* (L.) (OLIVEIRA *et al.*, 2016), *Citrus limonia* (L.) Osbeck (SILVA; QUEIROZ; DE SOUZA NETO, 2013), *Amburana cearensis*, *Caesalpinia ferrea*, *Caesalpinia pyramidalis* (SILVA *et al.*, 2012), *Typha latifolia* (BIANCO; PITELLI; PITELLI, 2003).

O presente trabalho teve como objetivo determinar modelos matemáticos para estimar a área foliar de *Tectona grandis* L.f., em três municípios do nordeste paraense utilizando-se de parâmetros dimensionais.

## MATERIAL E MÉTODO

O trabalho foi desenvolvido em três áreas pertencente aos municípios de Capitão Poço, Irituia e Garrafão do Norte situados no Estado do Pará no período de 25 de agosto de 2015 a 24 de novembro de

2016 com a espécie *Tectonas Grandis* L., distribuídas respectivamente no espaçamento de 2 m x 3 m; 3 m x 3 m e 2 m x 3 m.

Na determinação da área foliar (AF), foram coletadas aleatoriamente dos municípios de Capitão Poço, Irituia e Garrafão do Norte, respectivamente 150, 80 e 124 limbos foliares de 60 plantas. Todas as folhas não tinham qualquer dano ou ataque de doenças ou pragas.

As folhas foram medidas coletando-se então o comprimento ao longo da nervura central (C) e a largura máxima perpendicular à nervura central (L) do limbo foliar, com régua milimetrada. Em seguida foi calculado o produto do comprimento pela largura (CxL) e a soma do comprimento pela largura (C+L) do limbo foliar. Com auxílio de um calador com diâmetro de 2,03 cm, obteve-se o número máximo possível de discos do limbo, incluindo as nervuras.

Individualmente cada amostra de discos e o restante das folhas foram acondicionados separadamente em sacos de papel e levados à estufa de secagem com ventilação forçada, a uma temperatura de 65 °C, por 72 horas até peso constante. Para a determinação da massa seca das duas partes foi utilizada uma balança eletrônica com precisão de 5 mg. A área total de cada folha (AF), em cm<sup>2</sup>, foi calculada através da equação 1 abaixo (SILVA et al., 2013).

$$AF = \frac{(MSf * ATd)}{MSd} \quad (1)$$

Em que:

MSf – massa seca total das folhas (g);      ATd - área total dos discos, (cm<sup>2</sup>);  
MSd - massa seca dos discos, (g).

Com os dados de C, L, CxL, C+L e da AF das folhas restantes, modelou-se a área foliar, determinada pelo método dos discos (Y) em função do C, da L e do CxL e do C+L, por meio dos modelos: quadrático ( $Y = a + bx + cx^2$ ), cúbico ( $Y = a + bx + cx^2 + dx^3$ ), potência ( $Y = ax^b$ ), linear ( $Y = a + bx$ ), linear sem intercepto ( $Y = bx$ ) e exponencial ( $Y = e^X$ ) e logarítmico ( $Y = \log_a X$ ).

Para a validação de cada modelo de estimativa de área foliar, foram utilizados a metade de folhas das 60 plantas de cada município, obtendo os valores estimados pelo modelo ( $Y_e$ ) e valores observados ( $Y_o$ ). Para cada modelo, foi ajustada uma regressão linear simples ( $Y_e = a + bY_o$ ) da área foliar estimada pelo modelo (variável dependente) em função da área foliar observada (variável independente).

Foram calculados os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) o de determinação da regressão (R<sup>2</sup>) entre  $Y_e$  e  $Y_o$ . Também foi calculado o erro absoluto médio (EAM), a raiz do quadrado médio do erro (RQME), o índice d de Willmott (WILLMOTT, 1981) e o índice CS (CAMARGO; SENTELHAS, 1997), por meio, respectivamente, das (Eqs. 2, 3, 4 e 5).

$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_e - Y_o|}{n} \quad (2)$$

$$RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_e - Y_o)^2}{n}} \quad (3)$$

$$d = 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^n (Y_e - Y_o)^2}{\sum_{i=1}^n (|Y_e - Y| + |Y_o - Y|^2)} \right) \quad (4)$$

$$CS = r \cdot d \quad (5)$$

Em que:

$Y_e$  - valores estimados de área foliar, ( $\text{cm}^2$ );

$Y_o$  - valores observados de área foliar por meio do método dos discos, ( $\text{cm}^2$ );

$Y$  - média dos valores observados;

$n$  - número de folhas.

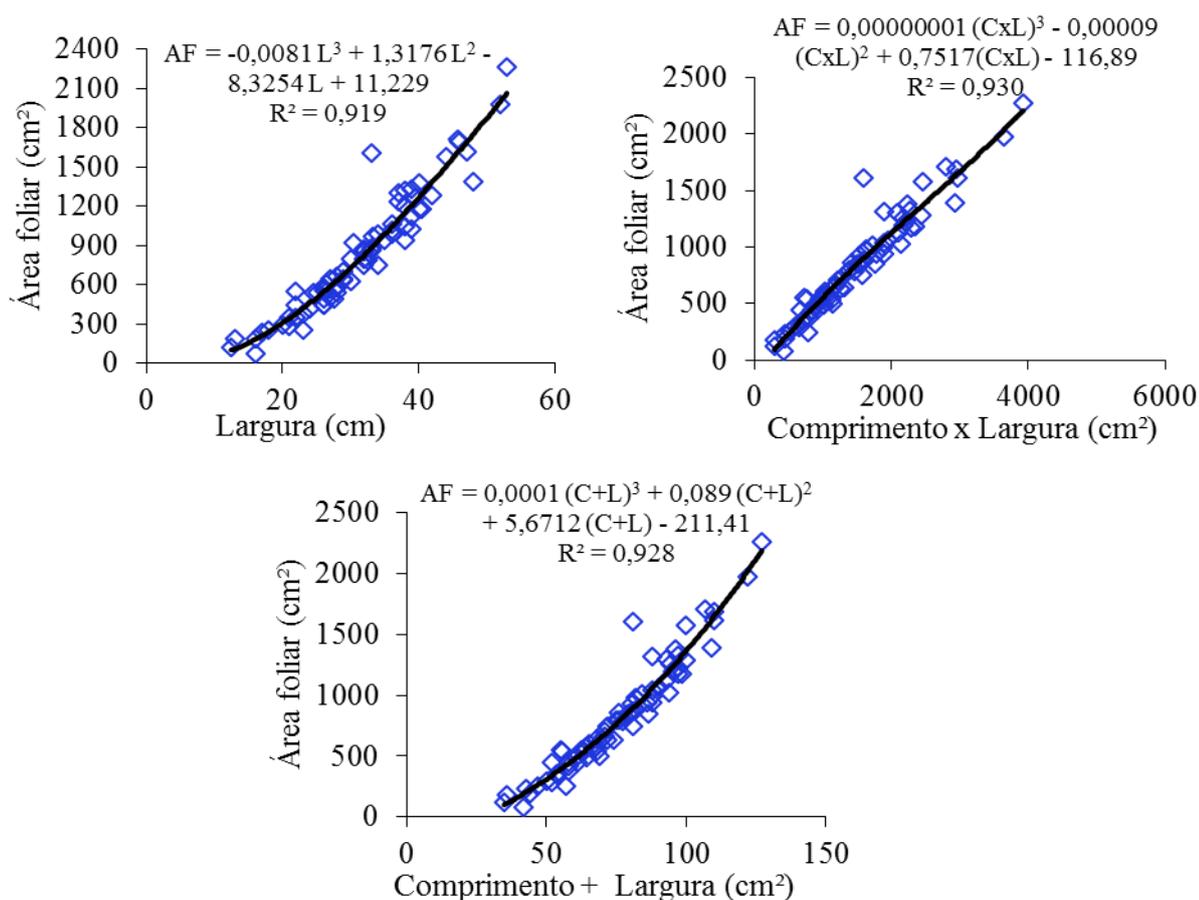
As análises estatísticas dos resultados do experimento foram realizadas utilizando o aplicativo *Office Excel*.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Para a determinação da área foliar da teca, foram considerados os modelos matemáticos mais eficientes que estimassem esta variável com boa precisão.

Foram selecionados para cada variável independente C, L, CxL e C+L, de cada área (Capitão poço, Irituia e Garrafão do Norte), pelo menos um modelo com o melhor ajuste e coeficiente de determinação da regressão ( $R^2$ ) igual a 0,90, para posteriormente fazer a linearização das equações matemáticas geradas, como apresentado nas Figuras 1.

**Figura 1.** Modelos de regressão para as variáveis independentes L, C x L e C+L, obtidas em Capitão Poço-PA, Brasil, 2016.



Quando se realizou o ajuste dos modelos, observou-se que todas as equações ajustadas tiveram um bom desempenho, diferentemente da área em Garrafão do Norte (A3) (Tabela 1). Assim, os modelos mais precisos foram o potencial e quadrático (C+L) para Capitão poço, o Linear sem intercepto (CxL) para Irituia, e quadrático e linear (CxL) para Garrafão do norte, em trabalhos com outras espécies de

plantas, diferenças foliares têm sido observadas em decorrência da interferência ambiental. Nesse sentido, supõe-se que diferenças nutricionais e, principalmente, disponibilidade de luz para atividade fotossintética são fatores que podem alterar o tamanho das folhas e, também, a estimativa de parâmetros (VLAHOS; HEUVELINK; MARTAKIS, 1991; AGUILERA; FERREIRA; CECON, 2004; CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2007).

Os melhores modelos com coeficientes de correlação linear de Pearson ( $r$ ) e de determinação ( $R^2$ ) mais próximos de um, menor erro absoluto médio (EAM) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) e, índices  $d$  de Willmott e CS mais próximos de um, como apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Variáveis independentes ( $x$ ), coeficientes de correlação linear de Pearson ( $r$ ) e de determinação ( $R^2$ ), obtidos na regressão linear ajustada entre a área foliar estimada (variável dependente) e a observada (variável independente). Erro absoluto médio (EAM), raiz do quadrado médio do erro (RQME), índice  $d$  de Willmott e índice CS, calculados com base nas áreas foliares, observada e estimada de 354 folhas de teca.

Área	Modelo	$x$	$r$	$R^2$	EAM	RQME	$d$	CS
A1	Quadrático	C	0,910	0,828	122,756	113,690	0,899	0,855
A1	Cúbico	C	0,909	0,827	124,100	113,690	0,896	0,852
A1	Linear	CxL	0,938	0,880	106,748	137,708	0,999	0,963
A1	Quadrático	CxL	0,937	0,877	55,634	100,279	1,000	0,964
A1	Cúbico	CxL	0,935	0,874	56,846	144,232	1,000	0,965
A1	Potencial	CxL	0,921	0,848	102,868	131,964	0,999	0,959
A1	Linear	C+L	0,927	0,860	96,752	149,848	0,908	0,867
A1	Quadrático	C+L	0,939	0,881	104,815	137,478	0,922	0,888
A1	Cúbico	C+L	0,938	0,881	106,719	99,336	0,919	0,885
A1	Potencial	C+L	0,940	0,884	101,586	93,581	0,932	0,894
A2	Linear	CxL	0,913	0,833	96,454	143,496	0,997	0,931
A2	Linear sem intercepto	CxL	0,913	0,833	93,284	142,629	0,997	0,928
A2	Quadrático	CxL	0,912	0,831	95,718	146,726	0,997	0,933
A2	Cúbico	CxL	0,910	0,828	97,919	151,796	0,996	0,934
A2	Potencial	CxL	0,913	0,833	95,782	145,816	0,997	0,915
A2	Quadrático	C+L	0,899	0,809	103,091	155,700	0,852	0,786
A2	Cúbico	C+L	0,899	0,809	109,691	119,103	0,825	0,763
A2	Potencial	C+L	0,900	0,809	107,051	115,611	0,841	0,758
A3	Linear	CxL	0,901	0,806	25,289	47,028	0,861	0,819
A3	Quadrático	CxL	0,906	0,808	10,776	29,214	1,000	0,951

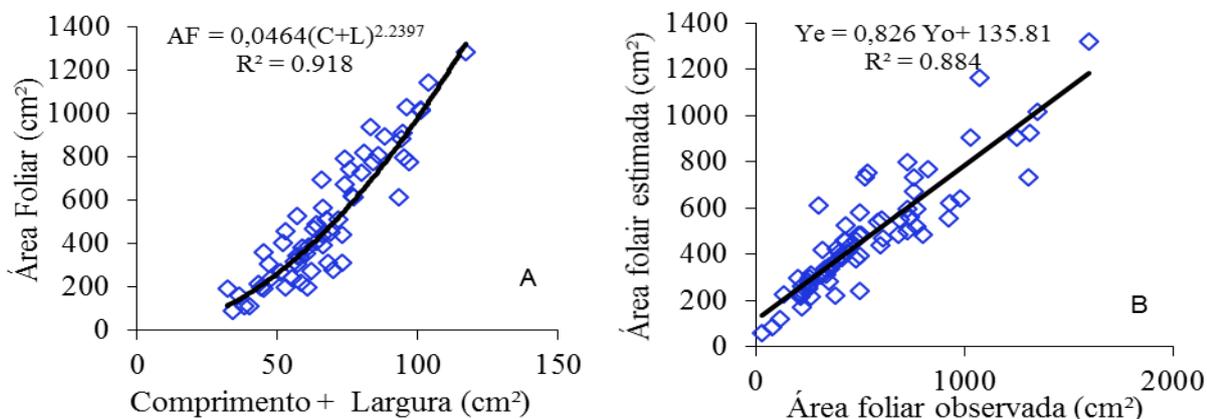
Quando se considerou apenas uma dimensão comprimento ou largura máxima do limbo foliar, os modelos matemáticos estimadores de área foliar não apresentaram ajuste satisfatório, com coeficiente de determinação ( $R^2 < 0,8$ ). Resultados similares foram obtidos por Coelho et al. (2013), os quais ao realizarem análises de regressão da área foliar de *Combretum leprosum* Mart. com o comprimento e a largura das folhas separadamente, encontraram menores ajustes do que aqueles realizados com o produto das duas dimensões. Diferentemente o que foi observado em folhas de macieira por Bosco et al. (2012).

Os modelos linear, quadrático, cúbico que utilizam a relação (CxL) e quadrático, cúbico e potencial que utilizam a relação (C+L) do limbo foliar, apresentaram valores de coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores aos demais. O melhor resultado foi obtido com o modelo potencial, com  $R^2 = 0,884$ .

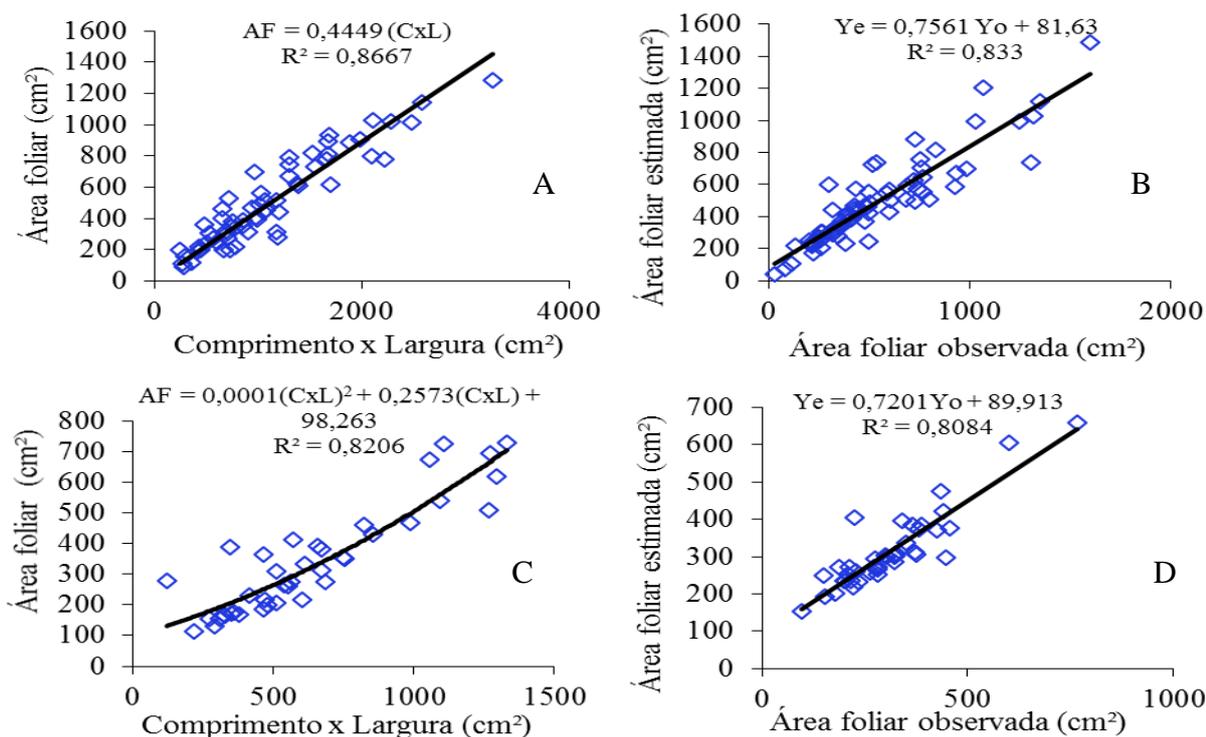
Nas espécies florestais da caatinga *Amburana cearensis* - Cumaru, *Caesalpinia ferrea* Mart -Jucá, *Caesalpinia pyramidalis* - Catingueira, *Schinopsis brasiliensis* – Braúna e *Tabebuia aurea* – Craibeira, Souza Neto (2009) verificou que as regressões linear e potencial demonstram que existe uma estreita correlação entre a área foliar e as dimensões lineares dos folíolos de todas as espécies estudadas. A utilização das dimensões lineares, comprimento e largura, proporcionou uma estimativa também satisfatória para a aceroleira ( $R^2 = 0.91$ ) conforme verificaram Lucena et. al. (2011) e para as espécies na fase de sementeira *Calendula officinalis* L., *Dahlia pinnata* L., *Dianthus barbatus* L., *Pelargonium × hortorum*, *Petunia × hybrida*, e *Viola wittrockiana* de acordo com Giuffrida et al (2011).

O modelo potencial com base na relação (C+L), linear sem intercepto e quadrático com base na relação (CxL), para áreas reais de 200, 450 e 750 cm<sup>2</sup>, esses modelos estimam área foliares de (301,010; 507,51; 755,320 cm<sup>2</sup>), (232,85; 421,875; 648,705 cm<sup>2</sup>) e (240,760; 414,135; 688,185 cm<sup>2</sup>), respectivamente (Figura 2 e Figura 3).

**Figura 2.** Modelo de regressão linear (A) e seu teste (B), obtidos entre o produto (C+L) da folha e a área do limbo foliar de teca em Capitão Poço - PA, 2016.



**Figura 3.** Modelo de regressão linear sem intercepto (A) e quadrático (C) e seus respectivos testes (B) e (D), obtidos entre o produto (CxL) da folha e a área do limbo foliar de teca, simultaneamente em Irituia e Garrafão do Norte - PA, 2016.



Esta técnica é uma importante ferramenta para a avaliação da área foliar de diversas espécies. O uso de medidas lineares, comprimento e largura das folhas e o produto de ambas as dimensões em modelos matemáticos para estimar a área foliar é um método não destrutivo, de boa precisão e baixo custo, eliminando a disponibilidade de medidores de área foliar caros ou a realização de demoradas reconstruções geométricas, pois a área foliar é uma característica fácil de quantificar em tempo real, no próprio campo, sem necessidade de coletar a folha ou destruir a planta (FONTES; ARAÚJO, 2007).

## CONCLUSÃO

A área foliar, pode ser estimada pelas seguintes equações:  $AF = 0,0464(C+L)^{2,2397} = 0,4449(CxL) = 0,0001(CxL)^2 + 0,2573(CxL) + 98,2606$ . A equação linear sem intercepto considerando (CxL) foi o que apresentou o melhor desempenho para estimar a área foliar de teca (*Tectona Grandis* L. f.).

## REFERÊNCIAS

- ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013** - ano base 2012. Brasília; ABRAF; 2013. Disponível em: < <http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-abraf13-br.pdf> >. Acesso em: 16 out. 2017.
- AGUILERA, D. B.; FERREIRA, F. A.; CECON, P. R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 43-51, 2004. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/0D/pd/v22n1/20144.pdf> >. Acesso em: 16 out. 2017
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V.; Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 4, p.305-309, 2005. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162005000400001&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162005000400001&script=sci_arttext&tlng=es) >. Acesso em: 08 out. 2017
- BIANCO, S. *et al.* Estimativa da área foliar de *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea nil* Roth. Usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n.2, p.325-329, 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/pd/v25n2/a12v25n2> >. Acesso em: 01 dez. 2017
- BIANCO, S.; PITELLI, R. A.; PITELLI, A. M. C. M. Estimativa da área foliar de *Typha latifolia* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, p. 257-261, 2003. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/0D/pd/v21n2/a11v21n2.pdf> >. Acesso em: 02 dez. 2017
- BOSCO, L.C. *et al.* Seleção de modelos de regressão para estimar a área foliar de macieiras' Royal gala'e'Fuji suprema'sob tela antigranizo e em céu aberto. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, Ba. Vol. 34, n. 2 (jun. 2012), p. 504-514, 2012. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/112032> >. Acesso em: 03 dez. 2017
- CAMARGO, AP de; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997. Disponível em: < [http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos\\_sentelhas\\_1997/1997\\_RBAgro\\_5\(1\)\\_89-97\\_ETPM%E9todosSP.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/agmfacil/artigos/artigos_sentelhas_1997/1997_RBAgro_5(1)_89-97_ETPM%E9todosSP.pdf) >. Acesso em: 03 dez. 2017
- CUNHA, J. L. X. L. *et al.* Comparação de Métodos de Área Foliar em *Chrysobalanus icaco* L. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.6, n.3, p.22-27, 2010. Disponível em: < <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/88/63> >. Acesso em: 03 dez. 2017

CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Estimativa da área foliar de cinco espécies do gênero *Amaranthus* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 317-324, 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/pd/v25n2/a11v25n2> >. Acesso em: 13 out. 2017

CANDIDO, W. dos S. et al. Model to estimate the leaf area of *Combretum leprosum* Mart. **Acta Agronômica**, v. 62, n. 1, p. 37-41, 2013. Disponível em: < [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122013000100006&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122013000100006&script=sci_arttext&tlng=es) >. Acesso em: 13 out. 2017

OLIVEIRA, R. L.L. de et al. Modelos de Determinação não Destrutiva de Área Foliar em Feijão Caupi Cultivares BRS Potengi e BRS Tracuateua. **Nucleus**, Ituverava, v. 13, n. 1, p. 25-40, apr. 2016. ISSN 1982-2278. Disponível em: <<http://nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/1505/1952>>. Acesso em: 12 sep. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.3738/1982.2278.1505>. Acesso em: 11 out. 2017

SILVA, G.H.; QUEIROZ, J.E.; DE SOUZA NETO, A.G. Avaliação da Área Foliar de Três Espécies Florestais Ocorrentes. **Biofar**. v.9, n.3, 2013. Disponível em: [http://sites.uepb.edu.br/biofar/download/v9n32013/AVALIA%20C3%87%20C3%83O%20DA%20C3%81R%20EA%20FOLIAR%20DE%20TR%20C3%8AS%20ESP%20C3%89CIES%20FLORESTAIS%20OCORRENTES%20NO%20SEMI%20C3%81RIDO%20PARAIBANO%20\(Amburana%20cearensis,%20Caesalpinia%20Oferrea,%20Caesalpinia%20py%20\(final\).pdf?repeat=w3tc](http://sites.uepb.edu.br/biofar/download/v9n32013/AVALIA%20C3%87%20C3%83O%20DA%20C3%81R%20EA%20FOLIAR%20DE%20TR%20C3%8AS%20ESP%20C3%89CIES%20FLORESTAIS%20OCORRENTES%20NO%20SEMI%20C3%81RIDO%20PARAIBANO%20(Amburana%20cearensis,%20Caesalpinia%20Oferrea,%20Caesalpinia%20py%20(final).pdf?repeat=w3tc) >. Acesso em: 08 nov. 2017

SILVA, R.T.L.da et al. Estimativa da Área Foliar de Limoeiro-Cravo Usando Dimensões Lineares do Limbo Foliar. **Nucleus**, Ituverava, v. 10, n. 1, apr. 2013. ISSN 1982-2278. Disponível em: <<http://nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/812>>. Acesso em: 12 sep. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.3738/1982.2278.812>. >. Acesso em: 15 dez. 2017

FONTES P. C. R; ARAÚJO, C. **Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro**. Viçosa: UFV, 2007. 148 p.

GIUFFRIDA, F. et al. A simple model for nondestructive leaf area estimation in bedding plants. **Photosynthetica**, v. 49, n. 3, p. 380-388, 2011. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11099-011-0041-z?LI=true> >. Acesso em: 11 dez. 2017

GONZALÉZ, A. D. V. **Dendrocronologia de árvores de *Tectona grandis* L. e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. Et Golf de plantação da Mata de Pedreira, Campus da ESALQ-USP, Piracicaba, SP. 2013. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2013. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-19122013-090420/en.php> >. Acesso em: 15 dez. 2017**

LUCENA, R.R.M.de *et al.* Medição de área foliar de aceroleira. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 40-45, 2011. Disponível em: < <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1728> >. Acesso em: 02 dez. 2017

PEREIRA, J.M.M.. **Caracterização Fisiológica e Agronômica de Diferentes Estratégias Culturais para Minimizar o Stress Estival em *Vitis vinífera* L. na Região Demarcada do Douro**. 256 p. Tese (Doutorado) - UTAD, Vila Real, 2000. Disponível em: < <http://repositorio.utad.pt/handle/10348/38> >. Acesso em: 01 nov. 2017

MEDRANO, H.; FLEXAS, J. Fijación del dióxido de carbono y biosíntesis de fotoasimilados. **Fundamentos de fisiología vegetal**. Azcón-Bieto, J. y Talón, M.(Eds.). Madrid, España McGraw-Hill Interamericana, p. 173-185, 2001.

---

SHIMIZU JY, KLEIN H, OLIVEIRA JR V. **Diagnóstico das plantações florestais em Mato Grosso**. Cuiabá: Central de Texto; 2007. 63 p. Disponível em: <  
<http://www.arefloresta.org.br/uploads/downloads/0001522012113335.pdf> >. Acesso em: 05 out. 2017

VLAHOS, J. C.; HEUVELINK, E.; MARTAKIS, G. F. P. A growth analysis study of three *Achimenes* cultivars grown under three light regimes. **Scientia horticultrae**, v. 46, n. 3-4, p. 275-282, 1991.  
Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304423891900509> >. Acesso em: 11 dez. 2017

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. **Physical geography**, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.  
Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02723646.1981.10642213>>. Acesso em: 12 dez. 2017