

Avaliação estatística da área foliar através de modelos de equações em duas espécies florestais

Statistic evaluation of leaf area through models of equation in two tree species

José Elenildo Queiroz¹, Girlânio Holanda da Silva^{2*}, Aristides Gonçalves de Souza Neto³

Resumo: Informações sobre a área foliar de plantas são fundamentais para estudos fisiológicos envolvendo desenvolvimento vegetal. Este trabalho objetivou desenvolver um estudo comparativo entre diferentes procedimentos de cálculo da área foliar, em duas espécies florestais ocorrentes no semiárido paraibano, braúna e craibeira, considerando como referência valores de área foliar obtidos por processo de digitalização de imagens. A partir de medidas do comprimento ao longo da nervura principal (C) e da largura máxima (L), perpendicular à nervura principal, foram calculadas as áreas foliares pela equação da elipse e pelos modelos linear e potencial. Foram coletadas 100 folhas de cada espécie estudada, retiradas do terço mediano da copa das árvores. Os resultados mostraram que todos os modelos avaliados (elíptico, linear e potencial) podem ser usados para estimativa da área foliar das duas espécies estudadas, porém o modelo mais apropriado para ambas as espécies foi o potencial. A área foliar, para a espécie braúna, foi melhor definida pelo modelo potencial $y = 0,7341x^{1,0122}$ ($R^2 = 0,991$). Para a craibeira o modelo potencial mais adequado foi obtido partir da equação $y = 0,7392x^{1,0188}$ ($R^2 = 0,9985$). A equação potencial, para o cálculo da determinação da área foliar, apresenta maior precisão em relação aos modelos linear e elíptico.

Palavras-chave: elipse, modelo potencial, nervura principal

Abstract: Informations about leaf area in plants are important for physiologic studies involving vegetal development. This work aimed to develop a comparative study of different procedures for calculating the leaf area of two tree species in semiarid region of Paraíba, considering as reference values of leaf area obtained by means of digital imaging. After measuring the length along the main nervure (C) and width (L), perpendicular to the main nervure, were calculated the leaf area by the equation of the ellipse and the linear and potential models. Were collected 100 leaves of each specie studied, taken from the middle third of the tree canopy. The results showed that all the models evaluated (elliptical, linear and potential) can be used to estimate leaf area for the two tree species, however the potential model is the most appropriated. The leaf area, for brauna, was better defined by the potential model $y = 0.7341x^{1.0122}$ ($R^2 = 0.991$). For craibeira the potential model most adequated was obtained by the equation $y = 0.7392x^{1.0188}$ ($R^2 = 0.9985$). The potential equation to calculate the leaf area determination showed more accuracy in relationship to the linear and elliptic models.

Keywords: ellipse, potential model, main nervure

INTRODUÇÃO

As espécies florestais ocorrentes na região semiárida do nordeste brasileiro necessitam de estudos específicos, como forma identificar suas potencialidades para diferentes finalidades de uso. Tais estudos devem ser realizados no sentido de identificar o comportamento das plantas durante a fase de produção de mudas e ao longo do desenvolvimento das plantas em condições de campo. Dentre as espécies da Caatinga, destacam-se *Schinopsis brasiliensis* (Braúna), pertencente à família anacardiaceae, e *Tabebuia aurea* (Craibeira), da família Bignoniaceae.

As folhas da espécie Braúna são compostas pinadas, de 9-17 folíolos oblongos, de 3-4 cm de comprimento por 2 cm de largura, obtusos no ápice, verde-escuros na face superior e pálidas na face inferior. Quando maceradas, apresentam fraco odor de resina. Suas flores são pequenas (3-4 mm de diâmetro), brancas, glabras, suavemente perfumadas, dispostas em panículas de até 10-12 cm, pouco vistosas (MAIA, 2004). Já as folhas da espécie *Tabebuia aurea* são caracterizadas como alternas, compostas de 3-5 pares de pinas, cada pina com folíolos alternados de pequenos a grande (1-20 cm), glabros, oblongos, verde-claro, com flores amarelas e pequenas. (MAIA, 2004).

Recebido em 24/12/2012 e aceito em 30/03/2013

*Autor para correspondência.

¹ Professor Dr. Adjunto UFCG/CSTR/UAEF, Patos-PB, e-mail: queirozje@cstr.ufcg.edu.br

² Aluno do curso de Engenharia Florestal UFCG/CSTR/PPCF, Patos-PB; e-mail: girlanio_holanda@hotmail.com

³ Engenheiro Florestal UFCG/CSTR/UAEF, e-mail: arisgoneto_eng29@hotmail.com

Revista Verde (Mossoró – RN - Brasil), v. 8, n. 1, p. 146 - 153, jan/mar de 2013

Estudos relacionados aos parâmetros de crescimento dessas espécies precisam ser desenvolvidos, destacando-se a avaliação da área foliar, por ser nas folhas onde ocorrem importantes funções da planta, a exemplo do processo de transpiração (MARACAJÁ et al., 2008).

O conhecimento da área foliar é de fundamental importância, por ser um parâmetro utilizado na avaliação desenvolvimento do vegetal, pois a área foliar de uma dada espécie vegetal é diretamente relacionada com a sua capacidade fotossintética e de interceptação de luz entre várias outras características fisiológicas (SEVERINO et al., 2004).

Dessa forma, a determinação da área foliar (AF) das plantas é de interesse em diferentes setores da pesquisa agrária, assim, tem-se desenvolvido diversas técnicas de estimativa de área foliar que sejam simples, rápidas e, principalmente, não destrutivas.

A importância de se 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-se parâmetros dimensionais de folhas, como o comprimento e largura da folha, os quais apresentam boas correlações com a superfície foliar (MOREIRA FILHO et al., 2007).

A folha assume importantes funções nas plantas, tais como a interceptação e absorção da luz e capacidade fotossintética (LARCHER, 2000; TAIZ & ZEIGER, 2004; SEVERINO et al., 2004). A folha é o principal órgão no processo respiratório, responsável pelas trocas gasosas entre a planta e o ambiente (PEREIRA et al., 1997). Nos estudos envolvendo aspectos relacionados com a reprodução, crescimento vegetal, exigências nutricionais a determinação da área foliar tem grande importância, por ser um dos principais parâmetros utilizados na avaliação do desenvolvimento vegetal.

Os métodos de determinação da área foliar envolvendo técnicas de digitalização de imagens vêm sendo amplamente empregados, fornecendo resultados precisos e com relativa facilidade (TAVARES-JÚNIOR et al., 2002). No entanto, existem inúmeros métodos para se determinar a área foliar, a maioria com boa precisão, classificados em destrutivos e não destrutivos, diretos ou indiretos (MARSHALL 1968).

Os métodos destrutivos exigem a retirada de partes da planta, o que pode não ser possível em alguns casos devido a particularidades do estudo em questão, já os não destrutivos não necessitam da retirada de partes da planta, poupando as amostras e, com a utilização de equipamentos modernos, são rápidos e precisos, preservando, assim, a sua integridade, permitindo a continuidade das avaliações na mesma planta.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de desenvolver um estudo comparativo entre diferentes modelos estatísticos de estimativa da área foliar em duas espécies florestais ocorrentes no semiárido paraibano, *Schinopsis brasiliensis* (Braúna) e *Tabebuia aurea*

(Craibeira), tomando como referência valores obtidos por processo de digitalização e processamento de imagens.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Geoprocessamento e Inventário florestal, do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado na cidade de Patos/PB, da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, circunscrito às coordenadas geográficas de 07° 03' 27" a 07° 03' 39" de latitude sul e 37° 16' 21" a 37° 16' 38" de longitude a oeste de Greenwich, com altitude média de 256 m.

O clima da região segundo a classificação de Köppen se enquadra no tipo Bsh, semiárido, com médias térmicas anuais superiores a 25°C e pluviosidade média anual inferior a 1000 mm com chuvas irregulares e umidade relativa do ar média de 65,9%. O período chuvoso varia de Janeiro a Julho com os meses mais secos ocorrendo de Agosto-Novembro, sendo algumas chuvas registradas no mês de Dezembro.

As folhas das espécies utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho foram obtidas no viveiro florestal e nas imediações do CSTR. De cada espécie foram coletadas 100 folhas no terço mediano da copa das plantas, sendo todas as árvores de espécie de folhas compostas, *Schinopsis brasiliensis* Engi e *Tabebuia aurea* Mart.

As folhas, após a coleta, foram colocadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório de Geoprocessamento e Inventário florestal, as quais foram destacados os folíolos e numerados de 1 a 100, para medida das dimensões comprimento e largura, e em seguida, para digitalização por processamento das imagens digital. As medidas e digitalização das folhas foram realizadas, sucessivamente, num prazo de seis horas para minimizar, ao máximo, eventuais deformações.

O comprimento dos folíolos foi definido como a distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade oposta da folha e a largura como a maior dimensão perpendicular ao comprimento da nervura principal. Essas medidas foram obtidas com o auxílio de um escalímetro modelo HO, sendo os valores registrados numa planilha Microsoft Office Excel 2007, ambiente usado no cálculo da área foliar.

O processo de digitalização das imagens constituiu no escaneamento dos folíolos, com scanner modelo HP scanjet 2400, em que as imagens adquiridas foram processadas através do software ImageJ.

Foram idealizados três modelos teóricos utilizando as medidas lineares comprimento (C) e largura (L) para os estudos comparativos com o modelo digital. Os modelos empregados foram: Elíptico, Linear e Potencial, conforme expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Equações dos modelos utilizados no cálculo de estimativa de área foliar
 Eqs. 1, 2 e 3

Modelos	Fórmulas
Elíptico	$y = \frac{\pi}{4} \cdot x$, sendo $y = AF$ e $x = C.L$
Linear	$y = ax$, sendo $y = AF$ e $x = C.L$
Potencial	$y = a \cdot x^b$, sendo $y = AF$ e $x = C.L$

Para cada modelo foi calculado o erro relativo médio (ERM) e o coeficiente de determinação (R^2), com o objetivo de identificar o melhor modelo de ajuste dos dados.

Para o cálculo da área foliar pelo modelo de dimensões foliares, considerou-se o intercepto igual a zero, ou seja, $y=ax$, onde a é o coeficiente angular da reta de regressão.

Para os cálculos da área foliar pela forma elíptica considerou-se uma elipse centrada na origem, como eixo maior igual ao comprimento da nervura principal (C) e eixo menor, igual à largura máxima (L), com $C>L>0$.

O erro relativo (ξ_i), expresso em módulo e em porcentagem, foi calculado pela seguinte equação:

$$\xi_i = \left| \frac{AM_i - AD_i}{AD_i} \right| \cdot 100 \quad \text{Eq. 4}$$

Onde AM_i é a área foliar do modelo e AD_i a área digitalizada, referentes ao i -ésimo folíolo.

O erro relativo médio (ERM) corresponde à média aritmética dos valores de ξ_i , ou seja,

$$ERM = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \xi_i \quad \text{Eq. 5}$$

Onde N é igual ao número total de folíolos avaliados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações estatísticas utilizadas através das equações elíptica, linear e potencial demonstraram alta precisão nos resultados da estimativa das áreas foliares das espécies braúna e craibeira, o que indicaram estarem relacionadas com o comprimento das nervuras principais das folhas (BORGHEZAN et al., 2010).

A caracterização das amostras das folhas e os valores das áreas foliares das espécies estudadas obtidos pelo

processo digital encontram-se na Tabela 2. As áreas apresentaram variações de 2,77 a 8,17 cm^2 e 2,32 a 31,55 cm^2 , respectivamente, para as espécies braúna e craibeira, com coeficientes de variação (CV), expressos em porcentagem, iguais a 26,83 e 56,95 % respectivamente. Estes coeficientes mostram uma maior variação em termos de área para espécie craibeira e a menor variação para espécie braúna. As áreas foliares médias obtidas foram: 5,48 cm^2 para braúna e 11,29 cm^2 para craibeira.

Tabela 2. Valores mínimo (Mín), máximo (Máx), médio (Méd) e coeficiente de variação (CV) dos parâmetros comprimento, largura e área foliar digitalizada das duas espécies estudadas

Espécies	Comprimento (cm)				Largura (cm)				Área Digitalizada (cm^2)			
	Míni	Máx	Méd	CV%	Míni	Máx	Méd	CV%	Míni	Máx	Méd	CV%
Braúna	2,50	5,00	3,73	15,30	1,35	2,55	1,92	14,25	2,77	8,17	5,48	26,82
Craibeira	3,45	16,10	8,65	35,06	0,85	2,55	1,56	22,03	2,32	31,55	11,29	56,94

Os valores de área foliar médios, mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV), das duas espécies estudadas, obtidos pelos modelos elíptico, linear e potencial, podem ser observados na Tabela 3. Os valores estimados pelos

três modelos são próximos dos valores obtidos pelo processo digital, sendo o modelo potencial o que apresentou menores diferenças em relação às áreas digitalizadas, tomadas como referência.

A precisão de modelos de equações para estimativa da área foliar relacionam-se não só com o formato da folha, mas também com a sua variação durante o desenvolvimento da planta. Dessa forma, a variação do formato da folha é uma característica da espécie e está associada às condições ambientais de crescimento (DUMAS, 1990).

O tamanho real das amostras calculadas pela elipse variaram de 2,85 - 8,64 e 4,19 - 25,20 para braúna e craibeira respectivamente, e o das áreas digitalizadas variaram de 2,77 - 8,17 e 4,23 - 23,96 para braúna e craibeira respectivamente.

Pode-se observar na Tabela 3 abaixo que os valores encontrados das áreas da equação da elipse são semelhantes ou muito próximos das áreas digitalizadas, indicando que a equação proposta é excelente estimadora de área foliar para as duas espécies estudadas.

Através da regressão linear entre os valores de área foliar obtidos pelo processo digital e o produto das variáveis C (nervura principal) e largura (L), obtiveram-se os coeficientes angulares das duas espécies avaliadas, para braúna e craibeira (0,7536 e 0,7804) respectivamente, com média de 0,767.

Os valores dos erros absolutos médios, mostrados na Tabela 3, para as espécies estudadas são de 4,79 e 2,39 % para braúna e craibeira respectivamente, em que os valores dos erros absolutos mostram que a comparação dos modelos elíptico em relação ao modelo digitalizado resultou em valores bastante baixos.

Os valores dos erros absolutos médios das duas espécies estudadas relacionados aos dados do modelo linear foram 2,15 e 2,19 % para braúna e craibeira respectivamente.

Os valores dos erros absolutos médios das duas espécies estudadas, relacionados aos dados do modelo potencial foram 2,10 e 1,69 % para braúna e craibeira respectivamente, constatando como sendo os menores erros absolutos, implicando assim no modelo mais preciso para ser adotado para os estudos de área foliar.

Os valores observados dos erros relativos médios (ERM) mostraram que as espécies possuem parâmetros dimensionais semelhantes, porém os valores de ERM que mais se adaptaram as estimativas de área foliar foi a equação potencial para ambas as espécies.

Tabela 3. Valores mínimo, máximo e médio dos erros relativos (ERM) para os três modelos e as duas espécies estudadas

Espécies	ERM (%) Elíptico			ERM (%) Linear			ERM (%) Potencial		
	Míni	Máx	Méd	Míni	Máx	Méd	Míni	Máx	Méd
Braúna	0,48	8,93	4,79	0,03	6,86	2,15	0,15	7,25	2,10
Craibeira	0,02	7,04	2,39	0,03	6,76	2,19	0,10	8,32	1,69

Os gráficos demonstrados nas Figuras 1, 2 e 3 baixo apresentam estimativas dos três modelos propostos, estabelecendo a relação entre as medidas obtidas pelo método digitalizado em relação aos modelos adotados para a espécie braúna. Entre estes foi introduzida a linha de tendência com intercepto igual a zero para os três parâmetros.

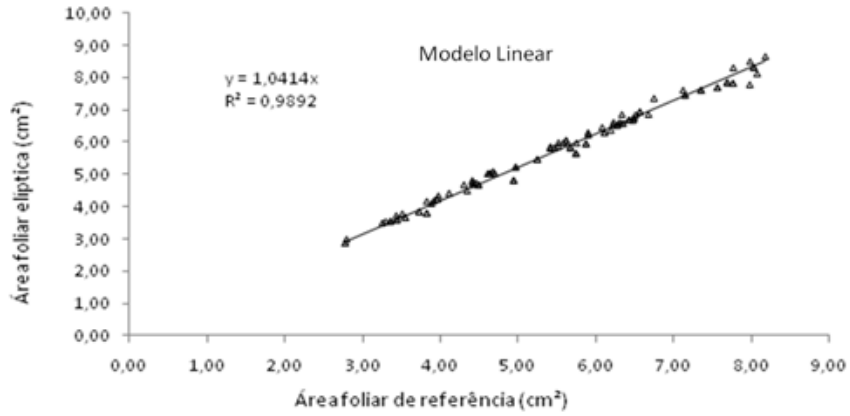
A equação linear (Figura 1) passando pela origem em que foi comparado o modelo elíptico com o modelo digitalizado para braúna apresenta um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9892.

Já a equação linear (Figura 2), passando pela origem em que foi calculado pelo produto do (C x L) em

relação à área digitalizada da braúna possui coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9896.

Na equação potencial (Figura 3) em que foi calculado pelo produto (C x L) em relação à área digitalizada foi possível observar o melhor coeficiente de determinação ($R^2= 0,991$).

Desta forma, os resultados mostram que o modelo potencial foi o mais preciso em relação aos outros modelos testados. Resultados semelhantes foram encontrados por Queiroga et al. (2003) ao estudarem modelos de estimativa de área foliar em *Phaseolus vulgaris* L., em que constataram que a equação potencial mostrou melhor coeficiente de determinação e menor CV.



ÁREA FOLIAR ELÍPTICA X ÁREA FOLIAR DE REFERÊNCIA COM INTERCEPTO ZERO

Figura 1: Correlação entre área foliar (cm²) dos folíolos medida (AR) por equação da elipse e folíolos digitalizadas (AE) da braúna determinada pelo método linear de dimensões foliares e imagem

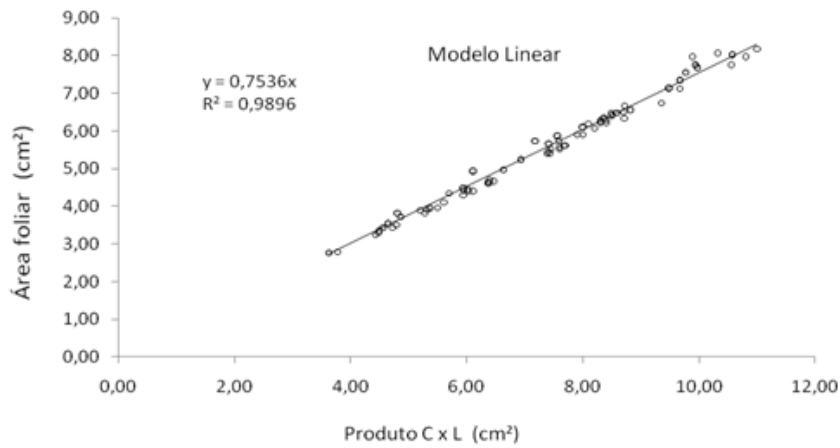


Figura 2: Correlação entre área foliar de digitalizadas e o produto do comprimento (C) e a largura (L) dos folíolos da braúna determinada pelo método linear de dimensões foliares e imagem

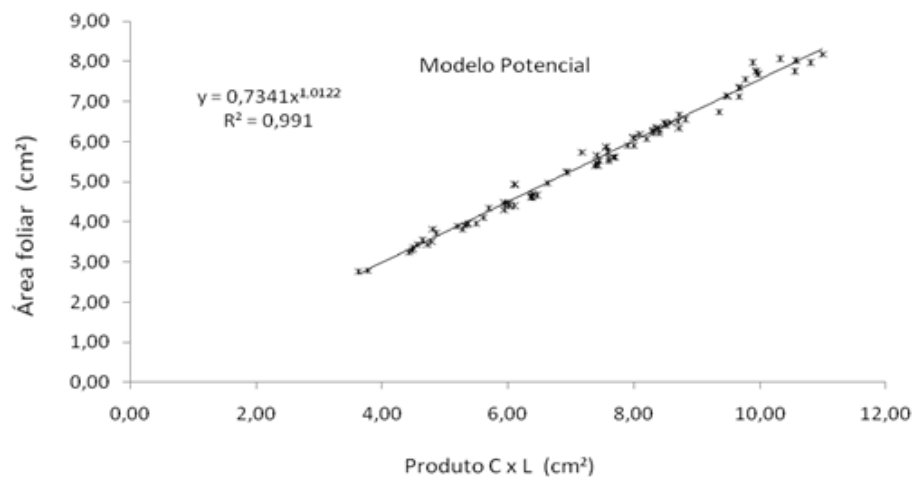


Figura 3: Correlação entre área foliar de digitalizadas e o produto do comprimento (C) e a largura (L) dos folíolos da braúna determinada pelo método potência de dimensões foliares e imagem

Com relação à espécie craibeira, os dados indicam que a equação linear (Figura 4) passando pela origem, em que foi comparado o modelo elíptico com o modelo digitalizado, apresenta um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9979.

A equação linear (Figura 5), passando pela origem, em que foi calculado pelo produto do (C x L) em relação à área digitalizada, apresenta um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9883.

Na equação potencial, (Figura 6) em que foi calculado pelo produto (C x L) em relação à área digitalizada, foi possível observar o melhor coeficiente de determinação (R^2) de 0,9985.

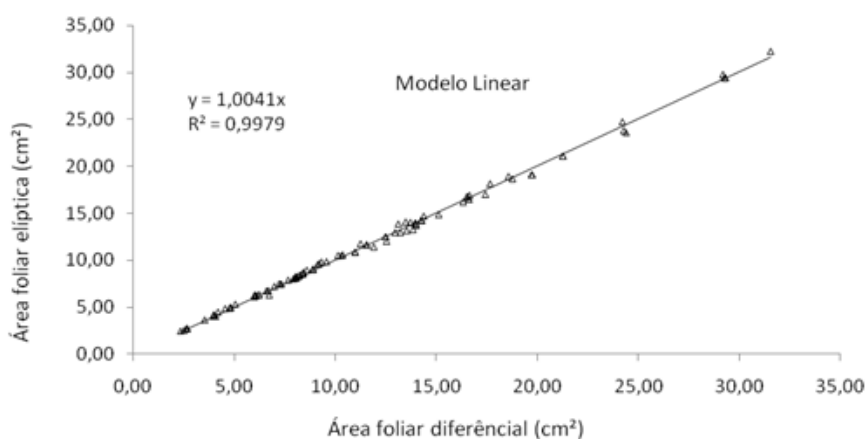
Desta maneira, a utilização destas equações permitem maior rapidez e facilidade na coleta dos dados de campo, através da avaliação do comprimento da nervura central.

Assim, em alguns casos as equações definidas para o estabelecimento da área foliar para uma determinada variedade podem ser utilizadas para estimar a área foliar de outras, entretanto nem todos os modelos podem ser apropriados quando se deseja um grau maior de precisão (TSIALTAS et al., 2008).

Resultados semelhantes foram encontrados por Gonçalves et al. (2002) em que obtiveram equações com elevados coeficientes de determinação em estudos realizados em variedades de *Vitis vinifera* como para *V. labrusca*. Neste estudo, os autores concordam que a estimativa da área foliar a partir da mensuração de variáveis nas folhas e da aplicação em uma equação previamente definida é uma metodologia de fácil e rápida execução e que permite obter resultados mais precisos.

Outros trabalhos relatam boa estimativa da área foliar a partir de equações que utilizam o modelo linear para *Cabernet Sauvignon* ($R^2 = 0,85$) (AMARANTE et al., 2009). Também Tsialtas et al. (2008) demonstraram que os modelos lineares podem propiciar equações com coeficientes mais elevados ($R^2 = 0,97$).

De maneira geral, os valores de R^2 observados nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6, demonstram que há um elevado grau de confiabilidade nos cálculos de área foliar pelos três modelos propostos das equações, o que mostra um indicativo satisfatório para a aplicação das medições das áreas foliares nas espécies braúna e craibeira.



ÁREA FOLIAR ELÍPTICA X ÁREA FOLIAR DE REFERÊNCIA COM INTERCEPTO ZERO

Figura 4: Correlação entre área foliar (cm²) dos folíolos medida (AR) por equação da elipse e folíolos digitalizados (AE) da craibeira determinada pelo método linear de dimensões foliares e imagem

Recebido em 24 12 2012 e aceito em 30 03 2013

*Autor para correspondência.

¹ Professor Dr. Adjunto UFCG/CSTR/UAEF, Patos-PB, e-mail: queirozje@cstr.ufcg.edu.br

² Aluno do curso de Engenharia Florestal UFCG/CSTR/PPCF, Patos-PB; e-mail: girlanio_holanda@hotmail.com

³ Engenheiro Florestal UFCG/CSTR/UAEF, e-mail: arisgoneto_eng29@hotmail.com

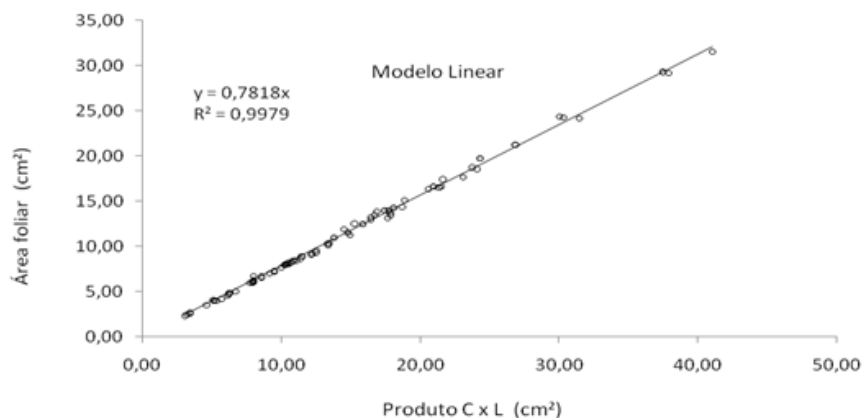


Figura 5: Correlação entre área foliar de digitalizadas e o produto do comprimento (C) e a largura (L) dos folíolos da craibeira determinada pelo método linear de dimensões foliares e imagem

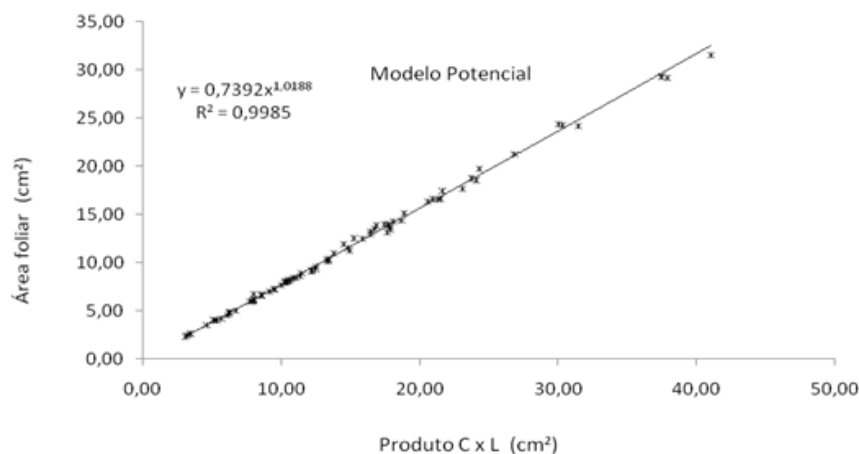


Figura 6: Correlação entre área foliar de digitalizadas e o produto do comprimento (C) e a largura (L) dos folíolos da craibeira determinada pelo método potência de dimensões foliares e imagem

CONCLUSÃO

Os modelos Elíptico, Linear e Potencial envolvendo o produto do comprimento ao longo da nervura principal (C) pela largura máxima da folha (L), perpendicular à nervura principal, podem ser utilizados na estimativa da área foliar nas espécies braúna e craibeira.

A utilização dos modelos propostos tem a grande vantagem de permitir a estimativa da área foliar com elevada precisão, rapidez e de forma não destrutiva, utilizando apenas os parâmetros comprimento e largura.

O modelo potencial estima a área foliar de ambas espécies com maior precisão em relação aos demais modelos.

REFERÊNCIAS

AMARANTE C.V.T, ZANARDI O.Z., MIQUELOTO A., STEFFENS C.A., ERHART J., ALMEIDA J.A..

Quantificação da área e do teor de clorofilas em folhas de plantas jovens de videira ‘Cabernet sauvignon’ mediante métodos não destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 31 (3), 680-686, 2009.

BORGHEZAN, M; GAVIOLI, O; PIT, F. A.; SILVA, A. L. S. Modelos matemáticos para a estimativa da área foliar de variedades de videira à campo (*Vitis vinifera* L.). **Ciência e Téc. Vitiv.** 25 (1) 1-7. 2010.

DUMAS, Y. Interrelation of linear measurements and total leaf area or dry matter production in young Tomato plants. *Advances in Horticultural Science*, **Firenze**, v.4, n.3, p.172-176, 1990.

GONÇALVES C.A.A., CHALFUN N.N.J., REGINA M.A., ALVARENGA A.A., SOUZA M.T., ABRAHÃO E.. Estimativa de área foliar da videira (*Vitis labrusca* L. cv. folha de figo) sobre diferentes porta-enxertos. **Ciência Agrotecnologia**, 26 (3), 500-504, 2002

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

MAIA, GERDA NICKEL. **Caatinga. Árvores e arbustos e suas utilidades**. 1ª edição São Paulo; D & Z Computação gráfica e editora, 2004.

MARACAJÁ, P. B; MADALENA, J. A. S da; ARAÚJO E de; LIMA, B. G; LINHARES, P. C. F.; Estimativa de Área Foliar de Juazeiro por Dimensões Lineares do Limbo Foliar. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.3, n.4, p0-05 outubro/dezembro de 2008.

MARSHALL, J.K. Methods of leaf area measurement of large and small leaf samples. **Photosynthetica**, Praha, v.2, p.41-47, 1968.

MOREIRA FILHO, E. C. et al. Estimativa da área foliar da flor de seda (*Calotropis procera*). **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 214, p.245-248. 2007.

PEREIRA, A.R.; VILA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, R. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1997.70p.

SEVERINO, L.S.; CARDOSOS, G.D.; VALE, L.S.; SANTOS, J.W. Método para determinação da área foliar da momoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 8, n.1, p. 753-762, 2004.
TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAVARES-JÚNIOR, J. E.; FAVARIN, J. L.; DOURADONETO, D.; MAIA, A. H. N.; FAZUOLI, L. C.; BERNARDES, M. S. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 199-203, 2002.

TSIALTAS J.T., KOUNDOURAS S., ZIOZIOU E.. Leaf area estimation by simple measurements and evaluation of leaf area prediction models in *Cabernet-Sauvignon* grapevine leaves. **Photosynthetica**, 46 (3), 452-456, 2008.

QUEIROGA, J. L.; ROMANO, E. D. U.; SOUZA, J. R. P; MIGLIORANZA, E. Estimativa da área foliar do feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) por meio da largura máxima do folíolo central. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 64-68, março 2003.