

UM MÉTODO SIMPLES PARA DETERMINAR A ÁREA FOLIAR DO SISAL HÍBRIDO 11648

VALDINEI SOFIATTI¹, LEDA VERONICA BENEVIDES DANTAS SILVA², JOSÉ WELLINGTON SANTOS¹,
ODILON RENEY RIBEIRO FERREIRA DA SILVA¹, FRANKLIN MAGNUM DE OLIVEIRA SILVA³ e GEDEÃO
RODRIGUES DE LIMA NETO⁴

RESUMO: A determinação da área foliar de plantas de sisal de forma simples e fácil, sem a necessidade de equipamentos complexos, é importante para a realização de pesquisas com essa cultura. Objetivou-se neste trabalho, a utilização de modelos matemáticos simples para predição da área foliar da cultura do sisal, híbrido 11648, a partir de medidas lineares de obtenção fácil e rápida. Para a calibração de modelos matemáticos, que expressem a área foliar a partir de medidas lineares, foram analisadas 220 folhas incluindo-se o máximo de variabilidade quanto a tamanho e idade das plantas. As folhas foram fotografadas por câmera digital e processadas no software Image ProPlus[®] para a obtenção da área foliar real e das medidas lineares de comprimento e largura da folha. Avaliaram-se nove modelos teóricos, escolhendo-se aqueles que resultaram em valores próximos à área foliar real e apropriados para folhas de diferentes classes de tamanho. As equações mais confiáveis foram aquelas que utilizaram as medidas de comprimento da nervura principal e de largura da folha, simultaneamente. As equações $AF = 0,772CL$, $AF = 0,766CL$ e $AF = 20,34 + 0,796CL$ proporcionam elevada precisão às estimativas e maior simplicidade de cálculos.

Termos para indexação: medidas lineares, área foliar, *Agave angustifolia* x *Agave amaniensis*

A SIMPLE METHOD TO DETERMINE THE LEAF AREA OF 11648 HYBRID SISAL

ABSTRACT: The determination of the leaf area of sisal plants in a simple and easy way, without the need for complex tools, is important for doing research with that crop. So the purpose of this work is to use simple mathematical models to estimate the leaf area of 11648 hybrid sisal from linear measures that are easy and quick to obtain. To calibrate mathematical models that express the leaf area from linear measures 200 leaves have been analyzed, including as much size and plant age diversity as possible. The leaves have been photographed with a digital camera and examined with the Image ProPlus[®] software in order to obtain the real leaf area and linear length and width measures. Nine theoretical models have been evaluated, and the ones that provided the closest leaf area values for different sized leaves have been selected. The most reliable equations were the ones that simultaneously used both length and width leaf. The equations $AF = 0,772CL$, $AF = 0,766CL$ and $AF = 20,34 + 0,796CL$ provided very accurate estimates and the simplest calculation process.

Index terms: linear measures, leaf area, *Agave angustifolia* x *Agave amaniensis*

¹Embrapa Algodão, Rua Osvaldo Cruz 1143, Centenário, CEP: 58428-095, Campina Grande, PB, vsofiatti@cnpa.embrapa.br, odilon@cnpa.embrapa.br, jwsantos@cnpa.embrapa.br

²Universidade Federal de Campina Grande, Av. Aprígio Veloso, 882, Universitário, CEP: 58429-900, Campina Grande, PB,

ledavdantas@gmail.com

³Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão. franklin_magnum@hotmail.com

⁴Universidade Federal Rural de Pernambuco/Embrapa Algodão. gedeaoneto@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A cultura do sisal é uma das poucas culturas adaptadas às regiões semiáridas e é responsável pela geração de empregos para mais de meio milhão de pessoas em áreas marginais para a prática da agricultura. Apesar da relevância desta cultura, tem-se constatado, nos últimos anos, um declínio contínuo de área cultivada, produção e produtividade do sisal (SILVA et al., 2007a).

O híbrido 11648 é originário da África e foi introduzido no Brasil na década de 70, sendo resultante do cruzamento entre *Agave angustifolia* e *A. amaniensis*. Comparado ao sisal comum, o híbrido 11648 tem a vantagem de ser mais produtivo e tolerante à seca, o que permite a colheita durante todo o ano. Por outro lado, é mais exigente em fertilidade do solo e possui folhas de menor comprimento, exigindo maior esforço para o desfibramento (SILVA et al., 2007b).

A pesquisa envolvendo a cultura do sisal ainda é pouco expressiva. Para possibilitar o aumento da produtividade e a manutenção da área cultivada, é necessário o desenvolvimento de um sistema de produção mais eficiente, sendo necessárias ações que gerem tecnologias em diversas áreas do conhecimento, visando tornar a cultura mais rentável economicamente. Para a realização de pesquisas em que são obtidas respostas das plantas em relação aos tratamentos aplicados, a área foliar é uma das variáveis mais importantes. O conhecimento da área foliar das plantas possibilita ao pesquisador inferir sobre o seu crescimento, bem como sua capacidade fotossintética e de interceptação da luz, por serem características diretamente relacionadas à área foliar. A área foliar também interfere na cobertura do solo, na competição com outras plantas e em várias outras características (SEVERINO et al., 2004).

A determinação da área foliar pode ser destrutiva ou não destrutiva. Os métodos

destrutivos possuem o inconveniente de não serem os mais adequados quando a quantidade de folhas é limitada ou quando as folhas são necessárias para outras determinações, feitas ao longo do crescimento das plantas; que geralmente, demandam bastante tempo para sua determinação. Por outro lado, os métodos não-destrutivos conservam a integridade das amostras e, com a utilização de equipamentos modernos, são mais rápidos e precisos. Entretanto, em função do preço, esses equipamentos, nem sempre são de fácil aquisição ou, dependendo do tipo de equipamento, somente estão disponíveis em laboratórios, o que dificulta a determinação em condições de campo. Assim, a estimativa da área foliar, utilizando a relação entre as dimensões da folha e a respectiva área, destaca-se como alternativa simples, de baixo custo, sem a dependência de equipamentos, necessitando apenas de uma régua graduada e de modelos matemáticos associados. Nesse método, o procedimento mais utilizado consiste na determinação das dimensões lineares (comprimento e largura) e da área real da folha por meio de algum método direto (ARAÚJO et al., 2005). Métodos que utilizam medidas lineares na determinação da área foliar não foram desenvolvidos para o sisal, muito embora tenham sido propostos para outras culturas (SILVA et al., 2002; SEVERINO et al., 2004; SEVERINO et al., 2007).

Objetivou-se com este trabalho, adaptar modelos matemáticos simples para determinação da área foliar da cultura do sisal, híbrido 11648, a partir de medidas lineares de obtenção fácil e rápida.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Embrapa Algodão na cidade de Campina Grande, PB, localizada na região Centro Oriental do Estado da Paraíba, no Planalto da Borborema, cujas coordenadas geográficas são latitude sul 7° 13'

11", longitude oeste 35° 53' 31" do meridiano de Greenwich., com altitude de 547 m. As folhas utilizadas no experimento foram colhidas de plantas cultivadas em área do Embrapa Algodão, no dia 03 de abril de 2008. Procurou-se trabalhar com o máximo de variabilidade possível quanto ao tamanho de folhas. Para isso, analisaram-se 220 folhas provenientes de plantas de sisal, híbrido 11648, com diferentes tamanhos de folhas. As plantas foram amostradas pelo seu tamanho, sendo selecionadas plantas pequenas, plantas de tamanho médio e plantas de tamanho grande, o que proporcionou um grande intervalo entre a maior e a menor área das folhas.

Após colhidas, cada folha foi fotografada com câmera digital com resolução de 7,0 megapixels (marca Sony, modelo DSC-P200), colocando-se folhas individuais juntamente com uma régua graduada em centímetros sobre um papel branco - com tamanho de 90 x 120 cm e gramatura de 150 g/m² - com a finalidade de aumentar o contraste entre a cor da folha e a cor do papel de fundo. As imagens digitalizadas foram processadas no programa computacional Image Pro Plus®, no qual se calibrou uma medida espacial, utilizando-se a régua graduada presente nas imagens em que se determinou a área foliar (cm²/folha) e as medidas lineares de comprimento da nervura principal da folha (cm/ folha) e largura da folha (cm/folha). A descrição dos critérios para obtenção de cada medida é detalhada a seguir:

- comprimento: medida entre as duas extremidades da folha que acompanha a nervura principal.

- largura: medida perpendicular à nervura principal da folha no seu ponto mais largo.

Para desenvolvimento das equações que melhor relacionem as medidas lineares com a área foliar, foram desenvolvidos nove modelos lineares teóricos, em que as variáveis

independentes foram consideradas isoladamente ou em combinação dupla (Tabela 1). No modelo 9, foi obtido um fator (f) por meio da equação $f = \frac{ARP}{C \times L}$ em que: ARP é área foliar real (cm²); C é o comprimento da folha (cm); L é a largura da folha (cm). O objetivo da obtenção do fator é estimar a área foliar, pela equação $AF = C \times L \times f$, conforme proposto por Silva et al. (2002). Para cada modelo, determinaram-se os coeficientes de determinação (R²).

TABELA 1. Modelos teóricos de regressão

Modelo	Descrição
Eq1	$S_{ij} = \alpha + \beta C_i L_j + \varepsilon_{ij}$
Eq2	$S_i = \alpha + \beta C_i + \varepsilon_i$
Eq3	$S_j = \alpha + \beta L_j + \varepsilon_j$
Eq4	$S_{ij} = \beta C_i L_j + \varepsilon_{ij}$
Eq5	$S_i = \beta C_i^2 + \varepsilon_i$
Eq6	$S_j = \beta L_j^2 + \varepsilon_j$
Eq7	$S_i = \alpha C_i^\beta * \varepsilon_i$
Eq8	$S_j = \alpha L_j^\beta * \varepsilon_j$
Eq9	$S_{ij} = C_i * L_j * f$

α e β são parâmetros a serem estimados.

C_i é o comprimento da folha em cm.

L_j é a largura da folha em cm.

S é a área foliar

ε é o erro aleatório.

As folhas foram classificadas em três classes, em relação ao seu tamanho. Após o ajuste das equações, as mesmas foram aplicadas aos dados divididos em classes de tamanho de folhas, objetivando-se avaliar a adequação das equações para cada conjunto de dados. Cada equação foi então avaliada com relação às três classes a que foram submetidas, com base nos indicadores que se seguem:

a) diferença percentual entre a média dos valores calculados e a média dos valores reais, utilizando-se a fórmula abaixo, a qual foi adaptada de Severino et al. (2004).

$$A(\%) = \left| \frac{X_c - X_o}{X_o} \right| \times 100, \text{ em que:}$$

X_c = média dos valores de área calculados pela equação

X_o = média dos valores da área foliar real;

b) coeficiente de correlação entre a área foliar real e a área foliar estimada pelas equações.

As melhores equações foram aquelas que forneceram elevados coeficientes de correlação e as menores diferenças entre a área foliar real e a estimada nas três classes de folhas (pequenas, médias e grandes).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As nove equações utilizadas para estimar a área foliar da cultura do sisal em função de medidas lineares de largura e comprimento são observadas na Tabela 2. Os coeficientes de determinação variaram entre 0,61 e 0,97, o que permite inferir que alguns modelos possuem bom ajuste. Os maiores coeficientes de determinação foram obtidos quando se utilizou o produto da largura e do comprimento da folha. Os coeficientes de determinação para as equações 1, 4 e 9 foram de 0,97. Esse resultado permite utilizar os modelos anteriores na predição da área foliar individual de folhas de sisal, híbrido 11648.

As equações que utilizam uma única medida linear para estimativa da área foliar apresentaram menor ajuste, o que é expresso pelos baixos coeficientes de determinação obtidos (Tabela 2). Maior precisão na determinação da área foliar pela utilização de medidas lineares de largura e comprimento em relação àquelas que utilizam apenas uma dessas medidas também foi verificada na determinação

TABELA 2. Equações ajustadas para a estimativa da área foliar do sisal híbrido 11648 por meio de medidas lineares da largura e do comprimento da folha.

Modelo	Equação ajustada	R ²
Eq ₁	AF = -20,342 + 0,796 CL	0,97
Eq ₂	AF = -244,65 + 9,95 C	0,93
Eq ₃	AF = -565,91 + 128,56 L	0,63
Eq ₄	AF = 0,772 CL	0,97
Eq ₅	AF = 0,077 C ²	0,81
Eq ₆	AF = -7,15 L ²	0,61
Eq ₇	AF = 0,773 C ^{1,4936}	0,93
Eq ₈	AF = 4,461 L ^{2,206}	0,69
Eq ₉	AF = 0,766 CL	0,97

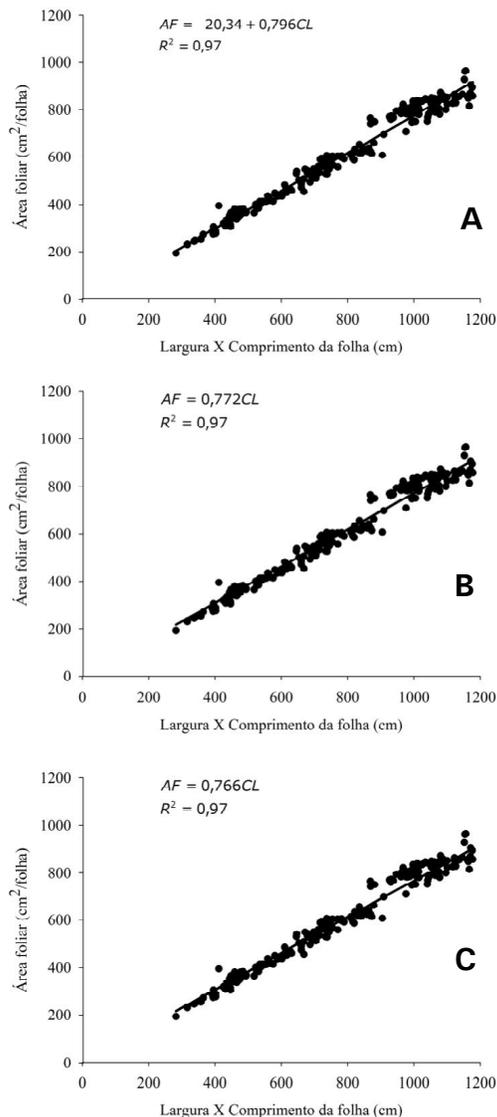
da área de folhas de gergelim (SILVA et al., 2002), mamoneira (SEVERINO et al., 2004) e mangueira (ARAÚJO et al., 2005). Das equações que utilizam uma única medida linear - as que apresentaram melhor ajuste entre a área foliar estimada e a área foliar real - foram aquelas que utilizaram o comprimento da folha. Assim, verifica-se que a utilização de medidas de largura da folha para determinação da área foliar do sisal não são adequadas.

Apesar do elevado coeficiente de determinação ser um bom parâmetro de ajuste dos modelos, pode ocorrer baixa correlação ou a estimativa ser sub ou superestimada em alguma classe de tamanho das folhas. Assim, classificaram-se as folhas em diferentes classes quanto ao seu tamanho e calcularam-se os coeficientes de correlação e a diferença entre a área foliar real e a estimada para cada equação. A área das folhas das classes pequena, média e grande foi < 440, entre 441 e 640 e > de 641 cm², respectivamente (Tabela 3).

Para as equações 1, 4 e 9, observaram-se os maiores coeficientes de determinação e as menores diferenças entre a área foliar real e a área foliar estimada, confirmando que a utilização do produto da largura e do comprimento permite estimar a área foliar com elevada precisão (Figura 1). Os três modelos apresentaram o mesmo coeficiente de

TABELA 3. Área foliar e tamanho da amostra das folhas de sisal do híbrido 11648 utilizado no estudo.

Classes	Número de folhas	Área foliar média (cm ²)	Área foliar mínima (cm ²)	Área foliar máxima (cm ²)
Folhas pequenas	74	361,8	193	454
Folhas médias	73	574,4	459	749
Folhas grandes	73	821,2	750	964
Amostra inteira	220	583,0	193	964

**FIG. 1** - Equações ajustadas para o cálculo da área foliar do sisal híbrido 11648 em função da largura e do comprimento da folha. Eq. 1 (A), Eq. 4 (B) e Eq. 9 (C).

correlação, sendo estes de 0,96, 0,91 e 0,73 para folhas pequenas, médias e grandes, respectivamente. Os maiores coeficientes de correlação foram obtidos em folhas de tamanho pequeno; as folhas de tamanho médio e grande proporcionaram menores coeficientes de correlação (Tabela 4). Nesta equação, a diferença entre a área foliar estimada e a área foliar real ficou situada entre 3,54 e 4,75%, independente das classes de tamanho de folhas, o que evidencia a elevada precisão dessas equações na estimativa da área foliar do híbrido de sisal 11648.

O coeficiente de ajuste calculado (f) da equação 9 foi de 0,76, o que é um valor semelhante ao termo intercepto da equação de regressão, calculado com o produto do comprimento e da largura e a área foliar real, que foi de 0,77 (eq. 4). Valores semelhantes do termo intercepto e do fator de ajuste também foram obtidos por Silva et al. (2002), ao ajustarem modelos para a determinação da área de folhas de gergelim.

Com base no coeficiente de determinação, coeficiente de correlação e diferença entre a área foliar estimada e real, verifica-se que as equações $AF = 0,772CL$, $AF = 0,766CL$ e $AF = -20,34 + 0,796CL$, as quais utilizam medidas lineares de comprimento e largura das folhas, foram as que proporcionaram estimativas da área foliar com maior precisão, independente do tamanho das folhas, e, portanto, podem ser utilizadas na predição da área individual de folhas de forma rápida e não destrutiva de sisal, híbrido

TABELA 4. Coeficiente de correlação (r) e diferença (Δ) entre a área foliar real e a área foliar estimada pelas equações de regressão em folhas de sisal classificadas em três tamanhos de folha.

Modelo	Folhas pequenas		Folhas médias		Folhas grandes	
	r	Δ (%)	r	Δ (%)	r	Δ (%)
Eq ₁	0,96	3,54	0,91	4,1	0,73	4,39
Eq ₂	0,88	7,23	0,62	8,52	0,42	5,83
Eq ₃	0,83	22,29	0,49	15,59	0,30	17,02
Eq ₄	0,96	4,75	0,91	4,14	0,73	4,41
Eq ₅	0,86	13,82	0,62	11,17	0,42	14,17
Eq ₆	0,82	9,40	0,49	14,68	0,29	25,80
Eq ₇	0,87	7,21	0,62	8,82	0,42	6,17
Eq ₈	0,82	17,31	0,49	16,63	0,28	19,34
Eq ₉	0,96	4,35	0,91	3,94	0,73	4,63

11648. Com o modelo que utilizou o logaritmo do comprimento da folha (Eq. 7), obteve-se elevado coeficiente de determinação, porém, os coeficientes de correlação foram menores e a diferença entre a área real e a estimada pelo modelo foi maior (Tabela 2, Figura 2).

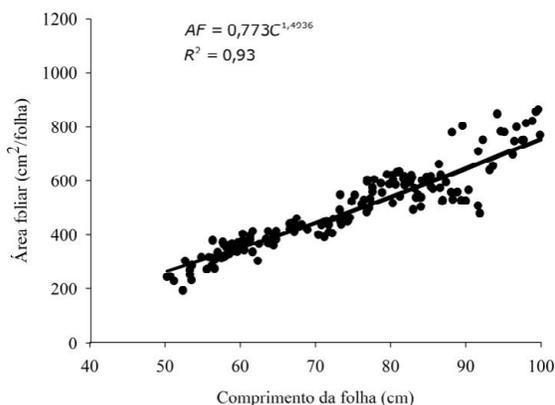


FIG. 2. Equação ajustada para o cálculo da área foliar do sisal híbrido 11648 em função do comprimento da folha.

CONCLUSÕES

É possível determinar a área de folhas de sisal, híbrido 11648, utilizando as medidas de comprimento da nervura principal e da largura da folha, simultaneamente.

A área foliar de sisal, híbrido 11648, pode ser determinada por meio das equações $F = 0,772CL$, $AF = 0,766CL$ e $AF = -20,34 + 0,796CL$, as quais proporcionam elevada precisão às estimativas e simplicidade de cálculos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. C. E.; SANTOS, E. P.; PRADO, C. H. B. A. Estimativa da área foliar da mangueira (*Mangifera indica* L.) cvs. Tommy Atkins e Haden, utilizando dimensões lineares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 308-309, 2005.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SANTOS, J. W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira**

- de **Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 753-762, 2004.
- SEVERINO, L. S.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M. A simple method for measurement of *Jatropha curcas* leaf area. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 9-14, 2007.
- SILVA, L. C.; SANTOS, J. W.; VIEIRA, D. J.; BELTRÃO, N. E. de M.; ALVES, I.; JERÔNIMO, J.F. Um método simples para se estimar área foliar de plantas de gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 491-496, 2002.
- SILVA, O. R. R. F.; SUINAGA, F. A.; COUTINHO, W. M.; CARTAXO, W. V. Cadeia produtiva. In: ANDRADE, W. **O sisal do Brasil**. cap. 3, p. 30-45, 2007b.
- SILVA, O. R. R. F. da; SUINAGA, F. A.; COUTINHO, W. M.; CARTAXO, W. V. Desempenho produtivo de oito genótipos de sisal. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 71-75, 2007a.