



Bragantia

ISSN: 0006-8705

editor@iac.sp.gov.br

Instituto Agronômico de Campinas

Brasil

Toebe, Marcos; Cargnelutti Filho, Alberto; Burin, Cláudia; Fick, André Luis; Márcio Neu, Ismael Mario;
Casarotto, Gabriele; Mendonça Alves, Bruna

Modelos para a estimação da área foliar de feijão de porco por dimensões foliares

Bragantia, vol. 71, núm. 1, 2012, pp. 37-41

Instituto Agronômico de Campinas

Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90822247019>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Modelos para a estimativa da área foliar de feijão de porco por dimensões foliares

Marcos Toebe (¹); Alberto Cargnelutti Filho (²*); Cláudia Burin (²); André Luis Fick (²); Ismael Mario Márcio Neu (²); Gabriele Casarotto (¹); Bruna Mendonça Alves (¹)

(¹) Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 97105-900 Santa Maria (RS), Brasil.

(²) Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais (UFSM/CCR), 97105-900 Santa Maria (RS), Brasil.

(* Autor correspondente: cargnelutti@pq.cnpq.br)

Recebido: 4/maio/2011; Aceito: 29/set./2011

Resumo

O objetivo deste trabalho foi modelar a área foliar de feijão de porco determinada por fotos digitais em função do comprimento ou da largura e/ou do produto comprimento vezes largura do limbo do folíolo central da folha. Em seis períodos de desenvolvimento da cultura (29, 43, 57, 73, 87 e 101 dias após a emergência) foram coletadas, aleatoriamente, 745 folhas. Cada folha é composta pelos folíolos esquerdo, central e direito. Nas 745 folhas foi mensurado o comprimento (CFC) e a largura (LFC) e calculado o produto do comprimento pela largura (CFC×LFC) do limbo do folíolo central. A seguir, determinou-se a área foliar (soma da área dos folíolos esquerdo, central e direito) por meio do método de fotos digitais (Y). Do total de folhas, foram separadas, aleatoriamente, 605 folhas para a construção de modelos do tipo quadrático, potência e linear de Y em função do CFC, da LFC, e/ou do CFC×LFC e 140 folhas para a validação dos modelos. Em feijão de porco, o modelo tipo potência ($\hat{Y}=3,7046x^{1,8747}$, $R^2=0,9757$) da largura do limbo do folíolo central é adequado para estimar a área foliar obtida por fotos digitais.

Palavras-chave: *Canavalia ensiformis*, fotos digitais, método não-destrutivo.

Leaf area prediction models for jack bean by leaf dimensions

Abstract

The objective of this work was to model the leaf area of jack bean determined by digital photos with the length or width and/or the product length × width of the central leaflet limb of the leaf. At six periods of crop development (29, 43, 57, 73, 87 and 101 days after emergence) 745 leaves were randomly collected. Each leaf is composed by left, center and right leaflets. The length (CFC) and width (LFC) were measured and the product length by the width (CFC×LFC) of the central leaflet calculated. The leaf area (sum of the leaf area of the left, center and right leaflets) was calculated by the method of digital photos (Y). An amount of 605 leaves were used to build models of the type quadratic, potency and linear, considering Y as function of the CFC, LFC and/or CFC×LFC. For validation, 140 leaves were used. The potency model of the leaf area obtained by method of digital photos ($\hat{Y}=3,7046x^{1,8747}$, $R^2=0,9757$) based on the width central leaflet, is adequate to estimate the leaf area in jack bean.

Key words: *Canavalia ensiformis*, digital photos, non-destructive method.

O feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) é uma espécie leguminosa utilizada em sistemas de conservação de solos, devido à sua elevada capacidade de fixação biológica de nitrogênio e adaptação a solos de baixa fertilidade. Segundo TEIXEIRA et al. (2010), quando se realiza o consórcio de milheto com feijão de porco, ocorre aumento da quantidade de matéria seca produzida e da velocidade de decomposição da palhada, com maior liberação de nitrogênio, cálcio e magnésio, em relação ao milheto solteiro. O feijão de porco também possui potencial fitoextrator de metais pesados em solos contaminados (ALMEIDA et al., 2008) e efeito alelopático sobre as plantas daninhas (SOUZA FILHO, 2002).

A determinação da área foliar é importante indicador na avaliação do crescimento vegetal. A área foliar pode ser determinada diretamente através do método de fotos digitais. De acordo com TAVARES JÚNIOR et al. (2002), em cafeeiro, o processamento de imagens digitais é considerado adequado e exato para a estimativa da área foliar em substituição ao método LI-COR (método padrão). Segundo ADAMI et al. (2008), o método de fotos digitais pode substituir o método LI-COR, em folíolos íntegros e danificados de soja, com vantagens de custo inferior e acurácia similar, sem a dependência de um método de calibração.

Indiretamente, a área foliar pode ser obtida através de modelos de estimativa da área foliar em função das dimensões lineares das folhas, conforme já desenvolvido em soja (ADAMI et al., 2008), em *Sida cordifolia* e *Sida rhombifolia* (BIANCO et al., 2008), em *Curcuma alismatifolia* e *Curcuma zedoaria* (PINTO et al., 2008) e em crambe (TOEBE et al., 2010). Admitindo, que a forma da folha é uma característica morfológica específica, dependente da relação entre comprimento e largura e da quantidade de recortes na borda do limbo foliar, existe a necessidade de se criar modelos para cada espécie (PINTO et al., 2008). Assim, o objetivo deste trabalho foi modelar a área foliar de feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) determinada por fotos digitais em função do comprimento, ou da largura e/ou do produto comprimento vezes largura do limbo do folíolo central da folha.

Foi desenvolvido um experimento de 256 m² com a cultura de feijão de porco. O espaçamento foi de 0,5 m entre fileiras e 0,125 m entre plantas na fileira, totalizando 16 plantas por m². A semeadura foi realizada em 12/11/2010 com adubação de base de 40 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O. Aos 29 e 43 dias após a emergência (DAE), foram coletadas, respectivamente, 90 e 95 folhas, e em cada um dos demais períodos (57, 73, 87 e

101 DAE), coletaram-se 140 folhas, de maneira aleatória, dentro da área experimental, totalizando 745 folhas, compostas de três foliolos (esquerdo, central e direito).

Nessas 745 folhas, foi mensurado o comprimento (CFC) e a largura (LFC) do limbo do folíolo central, com régua milimetrada. Em seguida, foi calculado o produto comprimento vezes largura (CFC×LFC) do limbo do folíolo central. Após, as mesmas folhas (compostas por três foliolos) foram fotografadas sob papel milimetrado por meio de uma câmera digital da marca Sony, modelo DSC-W110. Essas imagens (fotos) foram processadas com o programa Sigma Scan Pro v. 5.0 (JANDEL SCIENTIFIC, 1991), para a determinação da área foliar (soma da área foliar dos foliolos esquerdo, central e direito) por meio do método de fotos digitais (Y).

Posteriormente, dentre as 745 folhas foram selecionadas, aleatoriamente, 140 folhas, utilizadas somente na validação dos modelos. Com os dados do CFC, da LFC, do CFC×LFC e de Y das 605 folhas restantes, foram feitos histogramas de frequência e gráficos de dispersão. Também, foram calculadas medidas de tendência central, de variabilidade, de assimetria e de curtose e verificada a normalidade, por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. Em seguida, com os dados dessas 605 folhas, modelou-se

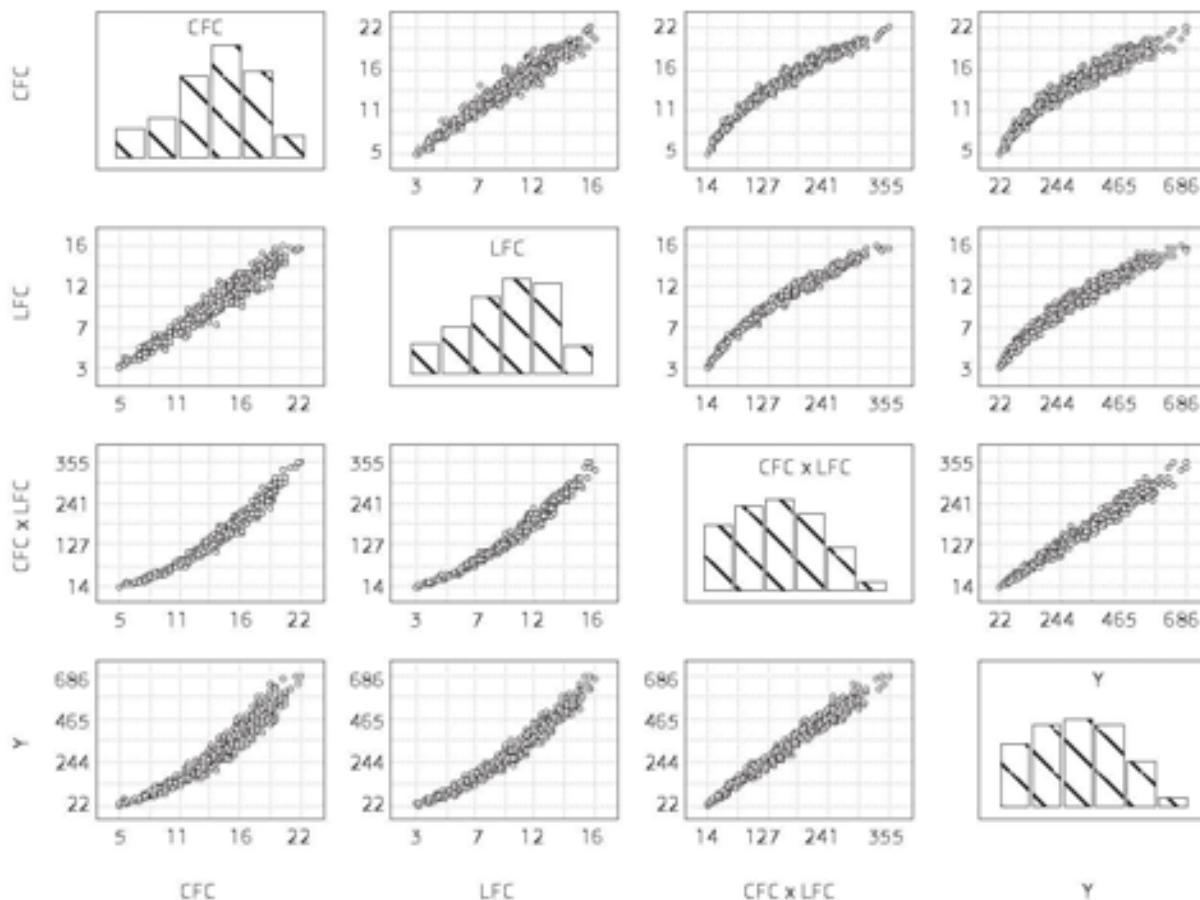


Figura 1. Matriz com o histograma de frequência (na diagonal) e gráficos de dispersão entre o comprimento, em cm (CFC), a largura, em cm (LFC), o produto comprimento vezes largura (CFC×LFC) do limbo do folíolo central e a área foliar determinada por fotos digitais, em cm² (Y) de 605 folhas de feijão de porco (*Canavalia ensiformis*).

a área foliar determinada por fotos digitais (Y) em função do CFC, ou da LFC e/ou do CFC \times LFC, por meio dos modelos: quadrático ($Y=a + bx + cx^2$), potência ($Y=ax^b$) e linear ($Y=a + bx$), totalizando nove modelos (três modelos \times três variáveis independentes).

A validação dos modelos de estimação de área foliar foi realizada com base nos 140 valores estimados pelo modelo (\hat{Y}_i) e os 140 valores observados (Y_i). Em cada modelo, foi ajustada uma regressão linear simples ($\hat{Y}_i = a + bY_i$) da área foliar estimada pelo modelo (variável dependente), em função da área foliar observada (variável independente). Foram testadas as hipóteses H_0 : $a = 0$ versus H_1 : $a \neq 0$ e H_0 : $b = 1$ versus H_1 : $b \neq 1$, por meio do teste t de Student a 5% de probabilidade. A seguir, foram calculados os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) e de determinação (R^2) entre \hat{Y}_i e Y_i . Para

cada modelo, foi calculado o erro absoluto médio (EAM), a raiz do quadrado médio do erro (RQME) e o índice d de Willmott (WILLMOTT, 1981), por meio, respectivamente, das expressões:

$$\text{EAM} = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{Y}_i - Y_i|}{n} \quad \text{RQME} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2}{n}}$$

$$d=1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|\hat{Y}_i - \bar{Y}| + |Y_i - \bar{Y}|)^2} \right],$$

em que \hat{Y}_i são os valores estimados de área foliar, Y_i os valores observados de área foliar por meio do método de

Tabela 1. Número de folhas (n), mínimo, máximo, média, coeficiente de variação (CV), variância, curtose, assimetria e p-valor do teste de kolmogorov-Smirnov do comprimento, em cm (CFC), da largura, em cm (LFC), do produto comprimento vezes largura (CFC \times LFC) do limbo do folíolo central e da área foliar, em cm^2 (soma da área foliar dos folíolos esquerdo, central e direito) determinada por fotos digitais (Y), de 605 folhas de feijão de porco (*Canavalia ensiformis*)

Variável	n	Mínimo	Máximo	Média	CV(%)	Variância	Curtose ⁽¹⁾	Assimetria ⁽²⁾	p-valor
29 dias após a emergência									
CFC	75	4,700	21,300	13,712	31,613	18,791	1,997 ^{ns}	-0,397 ^{ns}	0,352
LFC	75	3,200	15,900	9,536	33,320	10,096	2,028 ^{ns}	-0,354 ^{ns}	0,394
CFC \times LFC	75	15,040	338,670	144,052	55,588	6.412,083	2,058 ^{ns}	0,060 ^{ns}	0,344
Y	75	22,203	622,358	271,169	57,499	24.311,091	1,893*	0,024 ^{ns}	0,292
43 dias após a emergência									
CFC	75	6,600	22,300	15,243	30,810	22,055	1,707*	-0,372 ^{ns}	0,074
LFC	75	4,400	15,900	10,727	32,028	11,803	1,698*	-0,344 ^{ns}	0,049
CFC \times LFC	75	29,480	354,570	179,273	54,446	9.527,246	1,586*	-0,073 ^{ns}	0,166
Y	75	52,274	686,299	336,926	56,675	36.462,485	1,577*	-0,034 ^{ns}	0,089
57 dias após a emergência									
CFC	112	5,200	20,700	13,673	26,658	13,286	2,367 ^{ns}	-0,281 ^{ns}	0,524
LFC	112	3,800	15,200	9,779	29,013	8,049	2,220 ^{ns}	-0,133 ^{ns}	0,428
CFC \times LFC	112	21,280	307,040	143,814	50,734	5.323,453	2,220 ^{ns}	0,296 ^{ns}	0,533
Y	112	41,450	568,233	285,127	48,794	19.355,575	2,061*	0,190 ^{ns}	0,545
73 dias após a emergência									
CFC	107	10,100	20,200	15,348	15,514	5,669	2,366 ^{ns}	0,082 ^{ns}	0,966
LFC	107	6,600	15,800	11,141	17,584	3,838	2,377 ^{ns}	0,100 ^{ns}	0,670
CFC \times LFC	107	66,660	311,260	175,302	32,052	3.157,120	2,513 ^{ns}	0,400 ^{ns}	0,743
Y	107	142,155	624,040	338,801	33,460	12.851,002	2,519 ^{ns}	0,489*	0,273
87 dias após a emergência									
CFC	117	4,700	20,500	14,404	26,237	14,282	3,307 ^{ns}	-0,988*	0,023
LFC	117	2,900	16,200	10,313	29,579	9,305	3,052 ^{ns}	-0,831*	0,004
CFC \times LFC	117	13,630	332,100	159,653	45,689	5.320,863	2,556 ^{ns}	-0,312 ^{ns}	0,350
Y	117	27,310	670,908	317,345	45,902	21.219,036	2,523 ^{ns}	-0,333 ^{ns}	0,131
101 dias após a emergência									
CFC	119	5,500	19,300	12,478	26,906	11,272	2,054*	-0,110 ^{ns}	0,406
LFC	119	3,800	15,100	8,504	31,890	7,355	2,203 ^{ns}	0,174 ^{ns}	0,511
CFC \times LFC	119	20,900	291,430	114,789	54,442	3.905,470	2,537 ^{ns}	0,502*	0,302
Y	119	42,181	640,535	237,886	54,365	16.725,632	2,959 ^{ns}	0,617*	0,488
Todas as coletas									
CFC	605	4,700	22,300	14,075	26,972	14,412	2,438*	-0,401*	0,021
LFC	605	2,900	16,200	9,960	29,869	8,850	2,295*	-0,325*	0,008
CFC \times LFC	605	13,630	354,570	151,162	50,218	5.762,349	2,258*	0,156 ^{ns}	0,172
Y	605	22,203	686,299	296,249	50,051	21.985,494	2,224*	0,129 ^{ns}	0,306

(¹) * Curtose difere de três, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. ^{ns}: Não-significativo.

(²) * Assimetria difere de zero, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. ^{ns}: Não-significativo.

fotos digitais, \bar{Y} é a média dos valores observados e n é o número de folhas ($n=140$). Após, obteve-se o índice CS de CAMARGO e SENTELHAS (1997) pelo produto entre r e d ($CS=r \times d$).

Os critérios utilizados para a seleção dos modelos que melhor estimam a área foliar de feijão de porco em função do CFC, ou da LFC e/ou do CFC×LFC do limbo do folíolo central foram: coeficiente linear não diferente de zero, coeficiente angular não diferente de um, coeficientes de correlação linear de Pearson e de determinação mais próximos de um, erro absoluto médio e raiz do quadrado médio do erro mais próximo de zero, e índices d de Willmott (WILLMOTT, 1981) e CS de CAMARGO e SENTELHAS (1997) mais próximos de um. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do aplicativo Office Excel e do software Statistica 7.0 (STATSOFT, 2005).

Na cultura de feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), com base em 605 folhas coletadas em seis períodos de desenvolvimento, houve padrões lineares e não-lineares nas relações do comprimento (CFC), da largura (LFC) e do produto do comprimento vezes a largura (CFC×LFC) do limbo do folíolo central com a área foliar obtida por fotos digitais (Y) (Figura 1). Estes diferentes padrões sugerem a

necessidade de construir e testar diferentes modelos para a estimativa da área foliar.

As dimensões foliares médias das 605 folhas mensuradas foram, respectivamente, 14,075 e 9,960 cm de comprimento e de largura do limbo do folíolo central (Tabela 1). A área foliar média (soma da área foliar dos folíolos esquerdo, central e direito) foi de 296,249 cm². Em média, os coeficientes de variação do comprimento (CFC) e da largura (LFC) do limbo do folíolo central foram semelhantes ($CV=26,972\%$ e $CV=29,869\%$ respectivamente), e do produto do comprimento vezes largura (CFC × LFC) e da área foliar (Y) também tiveram semelhança entre si, no entanto, com valores de CV próximos a 50%. Com base nessa ampla variabilidade das folhas coletadas, pode-se inferir que os dados são adequados para a construção de modelos de estimativa da área foliar em função de dimensões lineares, por contemplar folhas de diferentes tamanhos e em diferentes períodos de desenvolvimento da cultura.

Entre os seis períodos de desenvolvimento em que foram coletadas as folhas, nos dados de CFC, de LFC, de CFC×LFC e de Y , em apenas 29,17 e 20,83% dos casos, respectivamente, verificou-se curtose diferente de

Tabela 2. Modelos para a determinação da área foliar, em cm² (Y) por fotos digitais, utilizando o comprimento, em cm (CFC), a largura, em cm (LFC) e o produto comprimento vezes largura (CFC×LFC) do limbo do folíolo central como variáveis independentes (x) e coeficiente de determinação, com base em 605 folhas de feijão de porco (*Canavalia ensiformis*)

Modelo	Variável independente (x)	Equação	Coeficiente de determinação
1) Quadrático	CFC	$\hat{Y} = -32,7339 + 4,6241x + 1,2419x^2$	0,9502
2) Quadrático	LFC	$\hat{Y} = -28,7622 + 11,1487x + 1,9807x^2$	0,9710
3) Quadrático	CFC×LFC	$\hat{Y} = -3,9600 + 2,0701x - 0,0004x^2$	0,9771
4) Potência	CFC	$\hat{Y} = 1,0837x^{2,0904}$	0,9704
5) Potência	LFC	$\hat{Y} = 3,7046x^{1,8747}$	0,9757
6) Potência	CFC×LFC	$\hat{Y} = 1,9733x^{0,9984}$	0,9831
7) Linear	CFC	$\hat{Y} = -234,3917 + 37,7009x$	0,9317
8) Linear	LFC	$\hat{Y} = -188,7304 + 48,6944x$	0,9545
9) Linear	CFC×LFC	$\hat{Y} = 4,4325 + 1,9305x$	0,9768

Tabela 3. Variáveis independentes (x), coeficientes linear (a), angular (b), 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 (WILLMOTT, 1981) e CS de CAMARGO e SENTELHAS (1997) calculados com base nas áreas foliares estimada e observada, de 140 folhas de feijão de porco (*Canavalia ensiformis*)

Modelo	x	a ⁽¹⁾	b ⁽²⁾	r ⁽³⁾	R ²	EAM	RQME	d	CS
1) Quadrático	CFC	15,653*	0,943*	0,975*	0,951	25,293	33,257	0,987	0,963
2) Quadrático	LFC	10,401*	0,984 ^{ns}	0,983*	0,968	21,224	27,696	0,991	0,975
3) Quadrático	CFC×LFC	9,145*	0,978 ^{ns}	0,988*	0,978	17,190	22,588	0,994	0,983
4) Potência	CFC	8,818 ^{ns}	0,963 ^{ns}	0,974*	0,950	24,833	33,590	0,987	0,962
5) Potência	LFC	4,807 ^{ns}	1,002 ^{ns}	0,983*	0,968	21,416	27,976	0,991	0,975
6) Potência	CFC×LFC	4,232 ^{ns}	0,993 ^{ns}	0,989*	0,978	17,020	22,352	0,994	0,984
7) Linear	CFC	21,585*	0,922*	0,959*	0,921	32,719	42,048	0,979	0,940
8) Linear	LFC	17,173*	0,957*	0,969*	0,940	28,770	36,873	0,984	0,955
9) Linear	CFC×LFC	8,229 ^{ns}	0,981 ^{ns}	0,989*	0,978	16,905	22,262	0,994	0,984

(¹) * Coeficiente linear difere de zero, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. ^{ns}: Não-significativo.

(²) * Coeficiente angular difere de um, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. ^{ns}: Não-significativo.

(³) * Coeficiente de correlação difere de zero, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade.

três e assimetria diferente de zero, pelo teste t ($p \leq 0,05$) (Tabela 1). Ainda, somente para a LFC aos 43 DAE e para CFC e LFC aos 87 DAE, os dados não apresentaram distribuição normal pelo teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov ($p \leq 0,05$). Esses resultados sugerem boa aderência dos dados à distribuição normal. Por outro lado, considerando as coletas analisadas em conjunto (605 folhas), a curtose foi menor que três, e apenas em CFCxLFC e Y houve assimetria não diferente de zero ($p > 0,05$) e distribuição normal ($p > 0,05$). Nesse caso, o elevado número de folhas (605) contribuiu para que pequenos desvios das estimativas em relação à hipótese de nulidade da curtose, da assimetria e da normalidade fossem significativos. Segundo BUSSAB e MORETTIN (2004), com base no teorema do limite central, mesmo que a população básica seja não normal, quando o número de observações for superior a 30, a distribuição da média amostral será aproximadamente normal. Assim, pode-se inferir que os dados, de maneira geral, ajustam-se à normalidade e, consequentemente, oferecem credibilidade para a construção de modelos de estimação de área foliar.

Em todos os modelos construídos da área foliar obtida por fotos digitais em função do CFC, da LFC e do CFCxLFC, os valores de coeficiente de determinação ($R^2 \geq 0,9317$) foram elevados (Tabela 2), sugerindo a utilização de qualquer modelo para estimar a área foliar de feijão de porco. Porém, quanto ao tipo de modelo utilizado, no modelo tipo potência houve os melhores ajustes ($R^2 \geq 0,9704$), seguido do modelo quadrático ($R^2 \geq 0,9502$), concordando com TOEBE et al. (2010) que também verificaram melhores ajustes destes modelos em relação ao modelo linear. Em relação às dimensões foliares, melhores modelos foram obtidos quando se considera o produto do comprimento vezes largura (CFCx LFC) do limbo do folíolo central na estimativa da área foliar ($R^2 \geq 0,9768$), concordando com BIANCO et al. (2008) e PINTO et al. (2008), que em *Sida cordifolia* e *Sida rhombifolia* e em *Curcuma alismatifolia* e *Curcuma zedoaria* respectivamente, obtiveram modelos mais precisos a partir do produto do comprimento vezes a largura do limbo das folhas. Nos modelos construídos a partir da LFC ($R^2 \geq 0,9545$) os ajustes foram superiores aos obtidos a partir do CFC ($R^2 \geq 0,9317$). Em crambe, TOEBE et al. (2010) também verificaram melhores ajustes dos modelos obtidos a partir da largura em relação ao comprimento.

Com base nos indicadores usados para a validação dos modelos, a partir de 140 folhas, verificou-se maior precisão dos modelos tipo potência ($\hat{Y} = 1,9733x^{0,9984}$, $R^2 = 0,9831$) e linear ($\hat{Y} = 4,4325 + 1,9305x$, $R^2 = 0,9768$); nesses modelos utiliza-se o CFCxLFC na estimativa da área foliar, com coeficiente linear não diferente de zero, coeficiente angular não diferente de um, coeficientes de correlação linear de Pearson e de determinação mais próximos de um, menor erro absoluto médio e raiz do quadrado médio do erro e, índices d de Willmott (WILLMOTT, 1981) e CS

de CAMARGO e SENTELHAS (1997) mais próximos de um (Tabela 3). No entanto, a utilização alternativa do modelo tipo potência em função da LFC ($\hat{Y} = 3,7046x^{1,8747}$, $R^2 = 0,9757$) é recomendada, pois este modelo atende aos critérios de validação estabelecidos neste trabalho de modo semelhante aos modelos com base no CFCxLFC, necessitando apenas da mensuração da largura do limbo do folíolo central.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, M.; HASTENREITER, F.A.; FLUMIGNAN, D.L.; FARIA, R.T. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. *Bragantia*, v.67, p.1053-1058, 2008.
- ALMEIDA, E.L.; MARCOS, F.C.C.; SCHIAVINATO, M.A.; LAGÔA, A.M.M.A.; ABREU, M.F. Crescimento de feijão-de-porco na presença de chumbo. *Bragantia*, v.67, p.569-576, 2008.
- BIANCO, S.; CARVALHO, L.B.; BIANCO, M.S. Estimativa da área foliar de *Sida cordifolia* e *Sida rhombifolia* usando dimensões lineares do limbo foliar. *Planta Daninha*, v.26, p.807-813, 2008.
- BUSSAB, W.O.; MORETTIN, P.A. Estatística básica. 5.ed. São Paulo: Saraiva, 2004. 526p.
- CAMARGO, A.P.; 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, p.89-97, 1997.
- JANDEL SCIENTIFIC. User's Manual. California, 1991. 280p.
- PINTO, A.C.R.; GRAZIANO, T.T.; BARBOSA, J.C.; LASMAR, F.B. Modelos para estimativa da área foliar de *Curcuma alismatifolia* e *Curcuma zedoaria*. *Bragantia*, v.67, p.549-552, 2008.
- SOUZA FILHO, A.P.S. Atividade potencialmente alelopática de extratos brutos e hidroalcoólicos de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). *Planta Daninha*, v.20, p.357-364, 2002.
- STATSOFT. Statistica 7.0 Software. Tucks, USA, 2005.
- TAVARES JUNIOR, J.E.; FAVARIN, J.L.; DOURADO NETO, D.; MAIA, A.; H.N.; FAZUOLI, L.C.; BERNARDES, M.S. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeiro. *Bragantia*, v.61, p.199-203, 2002.
- TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; SILVA, C.A.; ANDRADE, M.J.B.; PEREIRA, J.M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.497-506, 2010.
- TOEBE, M.; BRUM, B.; LOPES, S.J.; CARGNELUTTI FILHO, A.; SILVEIRA, T.R. Estimativa da área foliar de *Crambe abyssinica* por discos foliares e por fotos digitais. *Ciência Rural*, v.40, p.445-448, 2010.
- WILLMOTT, C.J. On the validation of models. *Physical Geography*, v.2, p.184-194, 1981.