

RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

## MODELAGEM DA ÁREA FOLIAR PARA MUDAS DE CAFEIEIRO CONILON LB1 EM DIFERENTES RECIPIENTES DE CULTIVO

\*<sup>1</sup>Gleyce Pereira Santos, <sup>1</sup>Vinicius de Souza Oliveira, <sup>1</sup>Omar Schmildt, <sup>1</sup>Joabe Martins de Souza, <sup>1</sup>Karina Tiemi Hassuda dos Santos, <sup>1</sup>Jéssica Sayuri Hassuda Santos, <sup>2</sup>Adriel Lima Nascimento, <sup>2</sup>José Augusto Teixeira do Amaral, <sup>2</sup>José Francisco Teixeira do Amaral and <sup>1</sup>Edilson Romais Schmildt

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus, Espírito Santo

<sup>2</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, Espírito Santo

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 28<sup>th</sup> July, 2019

Received in revised form

11<sup>th</sup> August, 2019

Accepted 21<sup>st</sup> September, 2019

Published online 30<sup>th</sup> October, 2019

#### Key Words:

*Coffeacaneophora* Pierre ex Froehner;  
Método não destrutivo;  
Estimativa da área foliar.

### ABSTRACT

O objetivo deste estudo foi ajustar um modelo de equação que estime a área foliar de mudas de café Conilon (*Coffeacaneophora* Pierre ex Froehner) cultivar LB1 produzidas em dois recipientes (sacola e tubete) a partir de dimensões lineares da superfície foliar. Para tanto, foram utilizadas 2111 folhas, sendo 1116 provenientes de mudas produzidas em sacolas e 995 provenientes de mudas produzidas em tubete. Mediu-se o comprimento (C) ao longo da nervura principal, a largura (L) máxima do limbo foliar, a área foliar observada (AFO) e produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL) de todas as folhas. Para a modelagem, 1911 folhas foram utilizadas obtendo os modelos linear de primeiro grau e potência, onde a AFO foi usada como variável dependente em função de C, L ou CL como variável independente. Realizou-se análise de covariância pelo teste t de Student a 5% de probabilidade para verificar a possibilidade da utilização de um único modelo de equação que estime a área foliar das mudas em ambos recipientes. Os modelos foram validados com uma amostra de 200 folhas nos valores de C, L e CL foram substituídos na equação de modelagem, obtendo assim a área foliar estimada (AFE). Posteriormente, ajustou-se um modelo de equação linear simples entre a AFE e AFO. Foram testadas as hipóteses  $H_0: \beta_0 = 0$  versus  $H_a: \beta_0 \neq 0$  e  $H_0: \beta_1 = 1$  versus  $H_a: \beta_1 \neq 1$ , por meio do teste t de Student a 5% de probabilidade. O erro médio (E), erro absoluto médio (EAM), raiz do quadrado médio do erro (RQME) e índice de Willmott (d) foram utilizados como critério de validação. Assim, a área foliar de mudas de café cultivar LB1 produzidas em sacola e em tubete pode ser estimada pela equação  $AFE = 1,157364 + 0,646417(CL)$  gerada pelo produto da multiplicação do comprimento com a largura da superfície foliar.

\*Corresponding author: Gleyce Pereira Santos

Copyright © 2019, Gleyce Pereira Santos et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Gleyce Pereira Santos, Vinicius de Souza Oliveira, Omar Schmildt et al. 2019. "Modelagem da área foliar para mudas de café conilon lb1 em diferentes recipientes de cultivo", *International Journal of Development Research*, 09, (10), 30851-30855.

### INTRODUCTION

A cafeicultura brasileira vem se desenvolvendo durante os anos. No estado do Espírito Santo, o café Conilon (*Coffeacaneophora* Pierre ex Froehner) tem elevado destaque, devido as condições climáticas favoráveis ao melhor desenvolvimento e produtividade da cultura, apesar de suas dimensões reduzidas, o estado lidera o ranking como o maior produtor de café conilon do Brasil (Conab, 2018). Para a propagação de plantas de café podem ser utilizadas sacolas ou tubetes, sendo estes os recipientes mais recomendados. A diferença entre estes recipientes é o volume de substrato utilizado, tendo em vista que em sacola de plástico o volume

de substrato é maior em relação aos tubetes, porém em tubetes o desenvolvimento radicular da planta é maior em relação as sacolas (Antoniazzi et al., 2013). Em relação as folhas, elas são parte essencial de uma planta, sendo responsáveis por realizar funções básicas para a manutenção, desenvolvimento e produtividade do vegetal (Schmildt et al., 2017). Assim, a medição da área foliar é parâmetro importante para entender o comportamento da planta em relação a adubação, irrigação, captação de energia luminosa, eficiência da fotossíntese e evapotranspiração (Blanco, Folegatti, 2005). A medição da área foliar pode ser feita de diversas formas, dentre elas se encontram os métodos diretos e indireto. Os métodos diretos, dependem de equipamentos sofisticados e exigem grande

demanda de mão-de-obra, podendo ser impróprios por serem em sua maioria destrutivos não permitindo a sua utilização em estudos com quantidade limitada de amostras ou quando o objetivo é avaliar a mesma planta ao longo do tempo (Lucena et al., 2011; Schwab et al., 2014). Já os métodos indiretos, são não destrutivos permitindo avaliações sucessivas em uma mesma planta, além de serem simples e rápidos em sua execução, predizendo a área foliar com precisão (Toebe et al., 2012). Entre os métodos indiretos, podemos destacar o uso de modelos matemáticos que relacionam medidas da superfície com a área das folhas gerando equações que estimam com acurácia a área foliar das plantas (Toebe et al., 2019). Na literatura se encontram estudos relacionados a modelagem de área foliar para a cultura do café, seja para o café arábica (*Coffea arabica*) (Flumignan et al., 2008; Silva et al., 2008; Ferreira et al., 2010; Barbosa et al., 2012), seja para o café conilon (*Coffea canephora*) (Partelliet et al., 2006; Schmildt et al., 2015; Brinate et al., 2015b; Espindula et al., 2018) ou para ambos (Antunes et al., 2008; Brinate et al., 2015a). Porém, segundo Espindula et al. (2018) existem diferenças entre a área foliar das diferentes cultivares de café, sendo necessário o ajuste de modelos de equação distintas para cada uma delas. Desta forma, devido a inexistência de estudos que busque a modelagem da área foliar para o café conilon LB1, objetivou-se ajustar um modelo de equação de estime a área foliar de mudas produzidas em sacola e em tubete a partir das dimensões lineares da superfície foliar.

## MATERIALS AND METHODS

Para o presente estudo, utilizou-se um total de 2111 folhas de 320 mudas de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) cultivar LB1. Sendo que 160 mudas foram produzidas em sacolas de polietileno com capacidade volumétrica de 541,13 cm<sup>3</sup> e 160 mudas foram produzidas em tubetes com capacidade volumétrica de 280 cm<sup>3</sup>. As mudas de sacola foram adquiridas junto ao viveiro Candeias<sup>®</sup> e as mudas de tubete foram adquiridas no viveiro +Café<sup>®</sup>, ambos localizados no município de Jaguaré, Norte do Estado do Espírito Santo, Brasil. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw, com temperatura média anual de 24,0 °C e pluviosidade média anual de 1194 mm (Alvares et al., 2014). No sistema de produção, as mudas foram produzidas em estrutura com cobertura de tela de poliolefinas (Sombrite<sup>®</sup>), permitindo a entrada de 50% de luz solar e mantidas com irrigação intermitente por meio de sistema localizado do tipo microaspersão. Em laboratório, todas as folhas foram destacadas da planta e tiveram seu pecíolo removido, posteriormente foram digitalizadas com scanner de mesa HP Deskjet F4280<sup>®</sup> e salvas em formato TagImage File Format (TIFF) com resolução de 75 dpi. As imagens foram processadas com o auxílio do software de domínio público ImageJ<sup>®</sup> (Schindelin et al., 2015), obtendo o comprimento (C) ao longo da nervura principal, a largura (L) máxima do limbo foliar, em cm (Fig. 1) e a área foliar observadas (AFO) em cm<sup>2</sup>. O produto do comprimento com a largura (CL), foi determinado através da multiplicando L e C. Os dados foram analisados por meio da estatística descritiva obtendo os valores mínimos, máximos, médios, amplitude e coeficiente de variação (CV) para cada característica. Para a modelagem, 1911 folhas foram utilizadas, sendo 1016 provenientes de mudas produzidas em sacolas e 895 proveniente de mudas produzidas em tubete. Os valores da

AFO foram usados como variável dependente (y) em função de C, L ou CL, obtendo os modelos linear de primeiro grau representado por  $AFE = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x$  e potencia representado por  $AFE = \hat{\beta}_0 x^{\hat{\beta}_1}$ , totalizando seis equações. Foi realizada uma análise de covariância (Zhang, Liu, 2010) pelo teste t de *student* a 5% de probabilidade para verificar a possibilidade de determinação de um único modelo de equação que estima a área foliar das mudas café conilon cultivar LB1 produzidos em sacolas e tubete. Para o modelo potencia, os parâmetros  $\hat{\beta}_0$  e  $\hat{\beta}_1$  foram previamente linearizados com logarítmica de base 10 (log) para as variáveis dependentes (y) e independentes (x):  $\log(y) = \log(\hat{\beta}_0) + \hat{\beta}_1 \log(x)$ . Para todas as equações foram obtidos os valores de coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>). A validação, se deu com uma mostra de 200 folhas onde os valores de C, L e CL foram substituídos na equação de modelagem, obtendo assim a área foliar estimada (AFE) em cm<sup>2</sup>. Posteriormente, ajustou-se um modelo de equação linear simples ( $AFE = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x$ ) entre a AFE e AFO. Assim, para esta equação foram testadas as hipóteses H<sub>0</sub>:  $\hat{\beta}_0 = 0$  versus H<sub>a</sub>:  $\hat{\beta}_0 \neq 0$  e H<sub>0</sub>:  $\hat{\beta}_1 = 1$  versus H<sub>a</sub>:  $\hat{\beta}_1 \neq 1$ , por meio do teste t de *Student* a 5% de probabilidade. O erro médio (E), erro absoluto médio (EAM), raiz do quadrado médio do erro (RQME) e índice de Willmott (d) (Willmott, 1981), também foram calculados para cada equação através das expressões 1, 2, 3, 4.

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (AFE - AFO)}{n} \dots\dots\dots(1)$$

$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |AFE - AFO|}{n} \dots\dots\dots(2)$$

$$RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (AFE - AFO)^2}{n}} \dots\dots\dots(3)$$

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (AFE - AFO)^2}{\sum_{i=1}^n (|AFE - \overline{AFO}| + |AFO - \overline{AFO}|)^2} \right] \dots\dots\dots(4)$$

Em que, AFE é o valor estimado de área foliar; AFO é o valor observado de área foliar;  $\overline{AFO}$  é a média dos valores da área foliar observada; e n é o número de folhas amostradas usadas para a validação (n=200). A seleção do melhor modelo foi baseada em valores do coeficiente linear ( $\hat{\beta}_0$ ) não diferente de zero, coeficiente angular ( $\hat{\beta}_1$ ) não diferente de um, E, EAM e RQME mais próximos de zero e índice d de Willmott (Willmott, 1981) mais próximo do unitário. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R (R Core Team, 2019), através de scripts desenvolvidos para o pacote de análise de dados ExpDes.pt versão 1.2 (Ferreira et al., 2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos por meio da análise da estatística descritiva dos dados amostrais de folhas de café conilon cultivar LB1 estão representados na Tabela 1. O coeficiente de variação (CV) das folhas usadas para a modelagem se apresentou de forma variada, sendo 39,15% para C, 37,01% para L, 67,98% para CL e 65,43% para AFO. De acordo com Schmildt et al. (2016), essa alta variabilidade é positiva, representando que foram utilizadas folhas de diferentes tamanhos e estádios fenológicos (Fig. 2), permitindo a

**Tabela 1. Análise descritiva com valor mínimo, máximo, médio, amplitude e coeficiente de variação (CV) das variáveis: comprimento (C); largura (L); produto do comprimento com a largura (CL) e área foliar observada (AFO) de mudas de *Coffeacaneophora* Pierre exFroehner cultivar LB1**

Variável <sup>1</sup>	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Amplitude	CV (%)
Modelagem <sup>1</sup>						
C	cm	1,07	17,12	8,71	16,05	39,15
L	cm	0,56	7,93	4,24	7,37	37,01
CL	cm <sup>2</sup>	0,71	130,83	41,98	130,12	67,98
AFO	cm <sup>2</sup>	0,60	81,00	28,29	80,40	65,43
Validação <sup>2</sup>						
C	Cm	1,66	15,34	8,95	13,68	34,69
L	Cm	1,05	8,07	4,38	7,02	29,97
CL	cm <sup>2</sup>	1,74	120,23	43,03	118,49	59,56
AFO	cm <sup>2</sup>	1,30	81,03	28,95	79,73	57,53

<sup>1</sup> usadas 1911 folhas; <sup>2</sup> usadas 200 folhas; DP: CV: Coeficiente de Variação.

**Tabela 2. Análise de covariância dos coeficientes linear ( $\hat{\beta}_0$ ) e coeficiente angular ( $\hat{\beta}_1$ ) das equações de modelo linear de primeiro grau e potencia ajustadas com a área foliar observada (AFO) em função do comprimento (C) e da largura (L) de folhas de muda de *Coffeacaneophora* Pierre exFroehner cultivar LB1 produzidas em sacolas e em tubete**

Modelo	Recipiente 1	Recipiente 2	$\hat{\beta}_0^*$	$\hat{\beta}_1^*$
$AFE = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 C$	Sacola	Tubete	< 0,05 <sup>1</sup>	< 0,05
$AFE = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 L$	Sacola	Tubete	< 0,05	< 0,05
$AFE = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 CL$	Sacola	Tubete	0,600	0,123
$AFE = \hat{\beta}_0(C)^{\hat{\beta}_1}$	Sacola	Tubete	< 0,05	< 0,05
$AFE = \hat{\beta}_0(L)^{\hat{\beta}_1}$	Sacola	Tubete	0,105	0,463
$AFE = \hat{\beta}_0(CL)^{\hat{\beta}_1}$	Sacola	Tubete	< 0,05	< 0,05

\*Valores maior de 0,05 indica diferença não significativa para os parâmetros  $\hat{\beta}_0$  e  $\hat{\beta}_1$  entre os dois recipientes através da análise de covariância pelo teste t de Student

**Tabela 3. Equação de modelo linear de primeiro grau utilizando a área foliar observada (AFO) em função do produto do comprimento com a largura (CL) e equação de modelo potencia utilizando a área foliar observada (AFO) em função da largura (L) e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para estimar a área de folhas de muda de *Coffeacaneophora* Pierre exFroehner cultivar LB1 produzidas em sacolas e em tubete**

Modelo	Equação	$R^2$
Linear	$AFE = 1,157364 + 0,646417(CL)$	0,9930
Potencia	$AFE = 1,6921(L)^{1,8777}$	0,9635

**Tabela 4. Coeficiente linear ( $\hat{\beta}_0$ ), coeficiente angular ( $\hat{\beta}_1$ ) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ), obtidos das equações com ajuste linear de primeiro grau entre a área foliar observada (AFO) e a área foliar estimada (AFE) pelo produto do comprimento com a largura (CL) e pela largura (L), além do erro médio (E), erro absoluto do erro (EAM), raiz quadrada médio do erro (RQME) e índice d Willmott de folhas de muda de *Coffeacaneophora* Pierre exFroehner cultivar LB1 utilizadas para validação**

Modelo	Variável	$\hat{\beta}_0^{(1)}$	$\hat{\beta}_1^{(2)}$	$R^2$	E	EAM	RQME	d
Linear	CL	-0.047005 <sup>ns</sup>	1.000877 <sup>ns</sup>	0.9912	0.0217	1.1508	1.5582	0.9978
Potencia	L	-1.33368 <sup>*</sup>	1.03686 <sup>*</sup>	0.9562	0.2583	2.7051	3.5418	0.9879

<sup>(1)</sup>Coeficiente linear ( $\hat{\beta}_0$ ) não difere de zero (<sup>ns</sup>) e significativamente difere de zero (<sup>\*</sup>) pelo teste t de Student, ao nível de 5% de significância

<sup>(2)</sup>Coeficiente angular ( $\hat{\beta}_1$ ) não difere de um (<sup>ns</sup>) e significativamente difere de um (<sup>\*</sup>) pelo teste t de Student, ao nível de 5% de significância

utilização da equação de forma ampla, podendo abranger folhas pequenas, médias e grandes em diferentes estádios de maturação. Além disso, o experimento foi conduzido em dois recipientes distintos (sacola e tubete) e teve um elevado número amostral de folhas (1911) indicando que os dados são representativos em relação a população. Os valores encontrados para os dados amostrais das folhas utilizadas para a validação se encontram entre o intervalo de valores da modelagem, assim, como indicado por Levine *et al.* (2017), os valores encontrados para a validação não extrapolaram os valores da modelagem. A análise de covariância pelo teste t de Student a 5% de probabilidade (Tabela 2), indicou que apenas o modelo linear de primeiro grau advindo do produto do comprimento com a largura (CL) e modelo potencia gerado a partir da largura (L) não apresentaram diferença significativa para os parâmetros  $\hat{\beta}_0$  e  $\hat{\beta}_1$  entre as duas cultivares. Assim sendo, foi possível ajustar um único modelo que estime a área das mudas produzidas tanto em sacola, quanto em tubete.

Na Tabela 3, é possível observar as duas equações ajustadas para estimar a área de mudas de cafeeiro cultivar LB1 produzida em sacola e tubete de forma conjunta e o seu respectivo valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Note, que ambas as equações apresentaram valores de  $R^2$  superior a 0,95, o que segundo Borghazan *et al.* (2010) é indicativo de alta precisão dos modelos matemáticos na predição da área foliar. Porém, segundo Antunes *et al.* (2008) o  $R^2$  utilizado unicamente como critério de seleção do melhor modelo pode gerar erros na estimativa da área foliar. Desta forma, a utilização de critérios adequados que validem as equações se torna imprescindível (Fascella *et al.*, 2013). Após a validação, baseada na amostra de 200 folhas, observou-se que entre os dois modelos ajustados para estimar a área foliar de ambos os recipientes de cultivo, apenas o modelo linear de primeiro grau gerado a partir do produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL) apresentou coeficientes linear ( $\hat{\beta}_0$ ) e coeficientes angular ( $\hat{\beta}_1$ ) estatisticamente iguais a zero e um,

respectivamente. Isso permite dizer, que quando a área foliar observada for zero, o valor da área foliar estimada também será zero e conforme haja o acréscimo de 1 cm<sup>2</sup> na área foliar observada, também haverá o aumento de 1 cm<sup>2</sup> na área foliar estimada (Toebe et al., 2019).

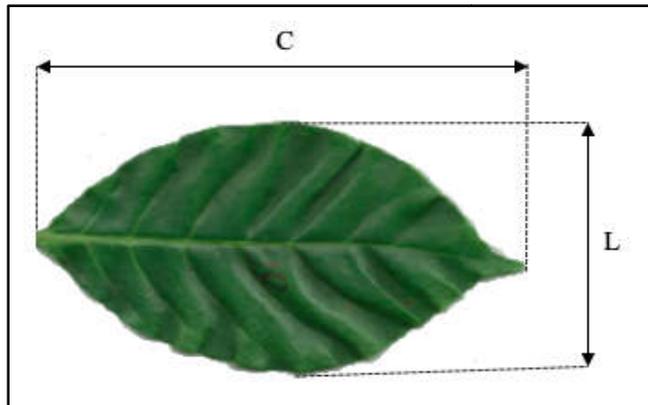


Fig. 1. Representação da medida do comprimento (C) ao longo da nervura principal e largura máxima (L) de folhas de mudas de *Coffeacanephora* Pierre exFroehner cultivar LB1

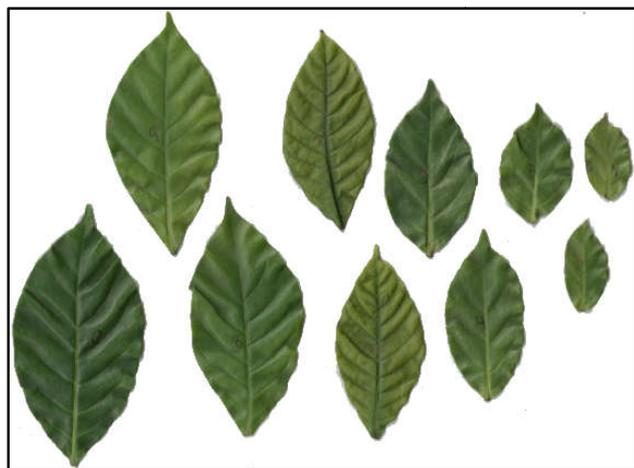


Fig. 2. Representação de folhas de muda de *Coffeacanephora* Pierre exFroehner cultivar LB1 de diferentes tamanhos utilizadas para a modelagem

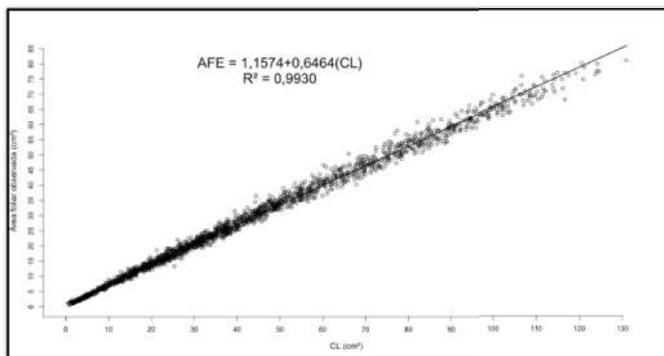


Fig. 3. Equação de modelo linear de primeiro grau e coeficiente de determinação ( $R^2$ ), utilizando a área foliar observada (AFO) como variável dependente, em função do produto do comprimento com a largura (CL) ajustada para estimar a área de folhas de muda de *Coffeacanephora* Pierre exFroehner cultivar LB1 produzidas em sacolas e em tubete

Além disso, a equação linear de primeiro grau gerada com CL, obteve melhor desempenho com valores do erro médio (E), erro absoluto médio (EAM) e raiz quadrada média do erro

(RQME) mais próximos a zero e valor do índice Willmott (d) (Willmott, 1981), mais próximo a um, sugerindo maior precisão deste modelo na estimativa da área foliar. Também é possível observar, que esta equação apresentou maior valor de  $R^2$ , sendo a mesma equação que apresentou maior  $R^2$  na modelagem, superando 0,99, indicando boa correlação entre as variáveis em estudo. Estudos comprovam que equações geradas com a combinação do comprimento com largura são comumente indicadas para estimativa da área foliar (Antunes et al., 2008; Schmildt et al., 2015; Oliveira et al., 2017; Oliveira et al., 2019; Ribeiro et al., 2019). Na prática, apesar de exigirem maior tempo para a tomada dos dados a associação das medidas lineares da superfície foliar são mais acuradas do que quando usadas de forma individual, isso porque as medidas do comprimento e da largura apresentam valores distintos, assim, quando agrupadas demonstram maior grau de precisão (Lavanhole et al., 2018). Modelos que busquem a estimativa da área foliar de diversas espécies de cafeeiro já foram relatados na literatura como descrito para *Coffea arabica* (Antunes et al., 2008; Misgana et al., 2018), *Coffea canephora* (Antunes et al., 2008; Schmildt et al., 2015; Espindula et al., 2018) e *Coffea dewevrei* (Schmildt et al., 2019). Porém, como citado por Espindula et al. (2018) cada cultivar de cafeeiro necessita do ajuste de um modelo de regressão, pois o uso de uma única equação para estimar a área de várias cultivares pode acarretar em estimativas errôneas da área foliar. Note, que visivelmente há uma associação linear na dispersão dos dados amostrais o que sugere adequação ao modelo de regressão linear de primeiro grau (Fig. 3). Desta forma, indicamos a equação  $AFE = 1,157364 + 0,646417(CL)$  gerada a partir do produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL) para estimar a área das folhas de mudas cafeeiro conilon LB1 cultivadas em tubetes e em sacolas. Além disso, apesar da destruição das folhas exigida neste estudo, após a determinação dessa equação a área desta cultivar pode ser mensurada de maneira não destrutiva com o uso de equipamentos simples, como por exemplo régua ou paquímetro.

## Conclusão

Mudas de cafeeiro cultivar LB1 produzidas em sacolas e em tubetes podem ter a área foliar estimada, de forma não destrutiva, rápida e precisa, pela equação  $AFE = 1,157364 + 0,646417(CL)$  obtidas a partir do produto da multiplicação do comprimento com a largura da superfície foliar.

## REFERÊNCIAS

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G. 2014. Köppen's Climate Classification Map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, pp. 711-728.
- Antoniazzi, A. P., Binotto, B., Neumann, G. M., Sausen, T. L., Budke, J. C. 2013. Eficiência de recipientes no desenvolvimento de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae). *Revista Brasileira de Biociências*, 11, pp. 313-317.
- Antunes, W.C., Pompelli, M.F., Carretero, D.M., Damatta F.M. 2008. Allometric models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*). *Annals of Applied Biology*, 28
- Barbosa, J.P.R.A.D., Martins, G.A., Ferreira, R.T., Pennacchi, J.P., Souza, V.F., Soares, A.M. 2012. Estimativa do iaf de

- cafeeiro a partir do volume de folhas e arquitetura da planta. *Coffee Science*, 7, pp. 267-274.
- Blanco, F. F., Folegatti, M. V. 2005. Estimation of leaf area for green house cucumber by linear measurement sundersalinity and grafting. *Scientia Agricola*, 62, pp. 305-309
- Borghazan, M., Gavioli, O., Pit, F.A., Silva, A.L. 2010. Mathematical models for leafarea estimative of the grapevine cultivars (*Vitisvinifera* L.). *Ciência Técnica e Vitivinícola*. 25, pp. 1-7. □
- Brinate, S.V.B., Rodrigues, W.N., Martins, L.D., Colodetti, T.V., Tomaz, M.A., Amaral, J.F.T. (2015a) Applicability of the Method of Linear Dimensionsto Estimate Leaf Area in Improved Genotypes of Coffeaarabica and Coffeacanephora. *American Journal of Plant Sciences*, 6, pp. 651-658.
- Brinate, S.V.B., Martins, L.D., Rodrigues, W.N., Colodetti, T.V., Amaral, J.F.T.; Tomaz, M.A. 2015b. Accuracyof linear methods to estimate the leaf area of genotypes of conilon coffee. *African Journal of Agricultural Research*, 10, pp. 2955-2960.
- Conab - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO 2018. Acompanhamento da safra brasileira: Café. Brasília: CONAB, v. 4, Safra 2017, n. 4, 2018. pp. 88. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>. Acesso em: 24 nov. 2018.
- Espindula, M.C., Passos, A.M.A., Araújo, L.F.B., Marcolan, A.L., Partelli, F.L., Ramalho, A.R. 2018. Indirect estimation of leaf area in genotypes of 'Conilon' coffee (*Coffeacanephora* Pierre ex A. Froehner). *Australian Journal of Crop Science*, 12, pp. 990-994.
- Fascella, G., Darwich, S., Roupheal, Y. 2013. Validation of a leafareaprediction model proposed for rose. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73, pp. 73-76.
- Ferreira, M. C., Alandia, R. A., Carvalho, G.F.G., Baggio, M.V.2010. Determinação de área foliar e retenção de líquido por folhas de café em pulverização a alto volume. *Nucleus*,
- Ferreira, E. B., Cavalcanti, P. P., Nogueira, D. A. 2018. Package 'ExpDes.pt'.
- Flumignan, D.L, Adami, M., Faria, R.T. 2008. Área foliar de folhas íntegras e danificadas de cafeeiro determinada por dimensões foliares e imagem digital. *Coffee Science*, 3, pp. 1-6.
- Lavanhole, D. F., Oliveira, P. S., Vitória, E. L., Aoyama, E. M. 2018. Estimativa de área foliar por meio de relações alométricas em *Aechmeablanchetiana* (Baker) L. B. SM sob distintas condições de luminosidade. *Iheringia, Série Botânica*. 73, pp. 363-373.
- Levine, DM, Stephan, DF, Szabat, KA. 2017. *Estatistic for managers using Microsoft Excel: global edition.* (8th ed.) London: Person. pp. 728.
- Lucena, R.R.M., Batista, T.M.V., Dombroski, J.L.D., Lopes, W.A.R. & Rodrigues, G.S.O. 2011. Medição de área foliar de aceroleira. *Revista Caatinga*. 24, pp. 40-45.
- Misgana Z, Daba G, Debela A. 2018. Modeling leaf area estimation for arabicacoffee (*Coffeaarabica* L.) grown at different altitudes of mana district, jimma zone. *American Journal of Plant Sciences*. 9, pp. 1292-1307.
- Oliveira, P. S., Silva, W., Costa, A. A. M., Schmidt, E. R., Vitória, E. L. 2017. Leaf area estimation in litchi by means of allometric relationships. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39, pp. 1-6.
- Oliveira, V. S., Hell, L. R., Santos, K. T. H., Pelegrini, H. R., Santos, J. S. H., Oliveira, G. E., Nascimento, A. L., Santos, G. P., Schmidt, O., Czepak, M. P., Arantes, S. D., Alexandre, R. S., Schmidt, E. R. 2019. Estimation of Leaf Area of Jack fruit Through Non-destructiveMethod. *Journal of Agricultural Science*, 11, pp. 77- 85.
- Partelli, F.L., Vieira, H.D., Detmann, E., Campostrini, E. 2006. Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha. *Ceres*, pp. 204-210.
- R Core Team. 2019. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Ribeiro, A. M. S., Mundim, D. A., Mendonça, D. C., Santos, K. T. H. Santos, J. S. H., Oliveira, V. S., Santos, G. P., Rosa, L. V. C. A., Santana, W. R., Schmidt, O., Vitória, E. L., Schmidt E. R. 2019. LeafAreaEstimationof Garden Boldo From Linear Dimensions. *Journal of Agricultural Science*, 11, pp. 461-469.
- Schindelin, J., Rueden, C.T., Hiner, M.C., Eliceiri, K.W. 2015 The Image JEcosystem: An Open Platform for Biomedical Image Analysis. *Molecular Reproduction and Development*, 82, pp. 518-529.
- Schmidt, E. R., Amaral, J. A. T., Santos, J. S., Schmidt, O. 2015. Allometricmodel for estimatingleafarea in clonal varietiesofcoffee (*Coffeacanephora*). *Revista Ciência Agronômica*, 46, pp. 740-748.
- Schmidt, E.R., Schmidt, O., Alexandre, R.S., Fernandes, A.A., Czepak, M.P. 2016. Modelos alométricos na determinação da área foliar de *Bauhinia monandra* Kurz. *Comunicata Scientiae*. 7, pp. 415-419.
- Schmidt, E.R., Hueso, J.J., Pinillos, V., Stellfeldt, A., Cuevas, J. 2017. Allometricmodels for determiningleaf área of 'Fino de Jete' cherimoyagrown in greenhouseand in the open field. *Fruits*, 72, pp. 24-30.
- Schmidt, O., Santana, E. N., Oliveira, V. S., Gouvea, R. R., Souza, L. C., Santos, A. N. M. R., Silva, S. M., Santos, K. T. H., Santos, G. P., Fanton, C. J., Arantes, S. D., Schmidt, E. R. 2019. Estimationofleafareaby linear dimensions in *Coffeadezewvrei*. *International Journal of Plant & Soil Science*. 28, pp. 1-8.
- Schwab, N.T., Streck, N.A., Rehbein, A., Ribeiro, B.S.M.R., Uhlmann, L.O., Langner, J.A., Becker, C.C. 2014. Dimensões lineares da folha e seu uso na determinação do perfil vertical foliar gladiolo. *Bragantia*, 73, pp. 97-105.
- Silva, A.R., Leite, M.T., Ferreira, M.C. 2008. Estimativa da área foliar e capacidade de retenção de calda fitossanitária em cafeeiro. *Biosci. J.*, 24, pp. 66-73.
- Toebe, M., Cargnelutti Filho, A., Loose, L.H., Heldwein, A.B., Zanon, A.J. 2012. Leaf area of snapbean (*Phaseolusvulgaris* L.) according to leaf dimensions. *Semina*, 33, pp. 2491–2500
- Toebe, M., Souza, R.R., Mello, A.C., Melo, P.J., Segatto, A., Castanha, A.C. 2019. Leafareaeestimation of squash 'Brasileirinha' byleafdimensions. *Ciência Rural*. 49, pp. 1-11.
- Willmott, C.J. 1981. On the Validation of Models. *Physical Geography*, 2, pp. 184-194.
- Zhang, L., Liu X. S. 2010. Non-destructiveleaf-areaestimation for *Berberiapurpurascensacrosstiber* lineecotone, southeast Tibet. *Annales Botanici Fennici*, 47, pp. 346-352.