

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**GLEYCE PEREIRA SANTOS**

**BIOMETRIA EM CLONES DE CAFEEIRO CONILON**

**São Mateus - ES  
Dezembro de 2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

## **BIOMETRIA EM CLONES DE CAFEEIRO CONILON**

**GLEYCE PEREIRA SANTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Edilson Romais Schmildt

**São Mateus - ES  
Dezembro de 2020**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

P436b Pereira Santos, Gleyce, 1997-  
Biometria em clones de cafeeiro conilon. / Gleyce Pereira Santos. - 2020.  
44 f. : il.

Orientador: Edilson Romais Schmildt.

Coorientador: Omar Schmildt.

Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) -

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. DETERMINAÇÃO DO TAMANHO ÓTIMO DE PARCELA EM CAFÉ CONILON. 2. MODELAGEM DA ÁREA FOLIAR PARA MUDAS DE CAFEIEIRO CONILON LBI EM DIFERENTES RECIPIENTES DE CULTIVO. I. Romais Schmildt, Edilson. II. Schmildt, Omar. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. IV. Título.

CDU: 63

---


**GLEYCE PEREIRA SANTOS**

**BIOMETRIA EM CLONES DE CAFEIRO CONILON**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 08 de DEZEMBRO de 2020.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



**Prof. Dr. EDILSON ROMAIS SCHMILDT**  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador



**Prof. Dr. OMAR SCHMILDT**  
Universidade Federal do Espírito Santo



**Prof(a). Dr(a). SARA DOUSSEAU ARANTES**  
Instituto Capixaba de Pesquisa,  
Assistência Técnica e Extensão Rural



**Prof. Dr. WILLIAN KRAUSE**  
Universidade do Estado de Mato Grosso

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pois sem ele eu nunca chegaria onde cheguei.

A várias pessoas por mais essa conquista na minha carreira acadêmica. A minha família por todo o apoio que eu recebi durante este caminho, sendo ele essencial para mais essa etapa concluída, principalmente ao meu pai Adão, minha mãe Maria, meu irmão Henrique e aos meus padrinhos Josy e Elson.

Ao meu orientador, Dr. Edilson Romais Schmildt, por me conceder essa oportunidade, que foi um divisor de águas na minha vida e carreira desde a graduação.

A equipe do laboratório de melhoramento genético, ao qual eu integro desde o ano de 2016, a Karina, o Omar, o Vinicius e o Renan, por sempre me oferecer ajuda na realização dos projetos.

Por último, mas nunca menos importante, ao meu namorado Arthur e toda sua família, sou grata por todo apoio, dedicação e tempo que o mesmo dispôs a mim.

A Universidade Federal do Espírito Santo, a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical pela oportunidade da realização deste curso e por todo apoio.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	IV
ABSTRACT .....	VI
1. CAPÍTULOS .....	1
1.1. DETERMINAÇÃO DO TAMANHO ÓTIMO DE PARCELAS PARA MUDAS DE CAFEIRO CONILON LB1 .....	2
Resumo .....	2
Abstract .....	3
Introdução.....	4
Material e métodos .....	6
Resultados e discussão.....	8
Conclusões.....	17
Referências .....	17
1.2. MODELAGEM DA ÁREA FOLIAR PARA MUDAS DE CAFEIRO CONILON LB1 EM DIFERENTES RECIPIENTES DE CULTIVO .....	21
Resumo .....	21
Abstract .....	22
Introdução.....	22
Material e métodos .....	24
Resultados e discussão.....	26
Conclusão.....	31
Referências .....	32

## RESUMO

SANTOS, Gleyce Pereira; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Dezembro de 2020; **Biometria em clones de cafeeiro conilon**; Orientador: Edilson Romais Schmildt, Coorientador: Omar Schmildt.

Na realização de experimentos científicos a estatística é um ponto importante, sendo uma de suas bases. Pesquisas envolvendo análises estatísticas podem ser utilizadas como base para outras pesquisas, sendo este um campo pouco explorado visando o envolvimento de culturas agrícolas. Para um pesquisador que deseja acompanhar o desenvolvimento foliar de uma planta, as formas mais utilizadas para a obtenção da área foliar requerem um gasto elevado de tempo e investimento em equipamentos de alto custo, tornando o experimento ocioso e de difícil execução. Para a experimentação agrícola existe a necessidade de o pesquisador estabelecer inicialmente o delineamento, o número de tratamentos, de repetições e o tamanho das parcelas, para prever o espaço físico e gasto de material. Este planejamento nem sempre é fácil em função da inexistência de pesquisas que apontem o adequado tamanho de parcela, principalmente em experimentos na fase de mudas. A literatura aponta alguma contribuição para este aspecto com mudas de cafeeiro arábica, no entanto, ainda não com cafeeiro conilon. Para isso a análise biométrica sobre as plantas de cafeeiro conilon clone LB1 podem ser utilizadas como base para a facilitação de futuras pesquisas na área. Desde a determinação do tamanho ótimo de parcela para a realização de um experimento, até a modelagem da área foliar, são

extremamente úteis a pesquisa científica. Por este trabalho objetiva-se estudos biométricos com mudas de Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) cultivar LB1, dividido em dois capítulos. No capítulo 1, foi realizada a determinação do tamanho ótimo de parcelas para experimentos com mudas, onde utilizando a metodologia proposta por Hatheway em que os valores de coeficiente de variação e o índice de heterogeneidade foram obtidos por simulação bootstrap com reposição. Na instalação de experimentos de cafeeiro conilon clone LB1, em blocos casualizados com 7 a 40 tratamentos e três repetições, parcelas contendo nove mudas são suficientes para identificar diferenças significativas entre médias dos tratamentos sobre caracteres não destrutivos a 5% de probabilidade e diferença entre médias de tratamentos 30% da média geral do experimento. Já para características destrutivas, parcelas contendo 14 mudas são suficientes para identificar diferenças significativas entre médias dos tratamentos. No capítulo 2, foi realizada a modelagem da área foliar de mudas de cafeeiro produzidas em dois recipientes (sacolas e tubetes) a partir de dimensões lineares da superfície foliar. Mediu-se o comprimento (C), a largura (L), a área foliar observadas (AFO) e produto da multiplicação do comprimento pela largura (CL) de todas as folhas. Realizou-se a 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. 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. A área foliar de mudas de cafeeiro cultivar LB1 produzidas em sacolas e tubetes pode ser estimada pela equação  $AFE = 1,157364 + 0,646417(CL)$ .

**Palavras-chave:** *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, precisão experimental, planejamento experimental.



## ABSTRACT

SANTOS, Gleyce Pereira; M.Sc.; Federal University of Espírito Santo; December 2020; **Biometrics in conilon coffee clones**; Advisor: Edilson Romais Schmildt, Coadvisor: Omar Schmildt.

In carrying out scientific experiments, statistics is an important point, being one of its bases. Research involving statistical analysis can be used as a basis for other research, this field being little explored in order to involve agricultural crops. For a researcher who wants to follow the leaf development of a plant, the most used ways to obtain the leaf area require a high expenditure of time and investment in expensive equipment, making the experiment idle and difficult to perform. For agricultural experimentation there is a need for the researcher to initially establish the design, the number of treatments, repetitions and the size of the plots, to predict the physical space and material expenditure. This planning is not always easy due to the lack of research that points out the adequate plot size, mainly in experiments in the seedling phase. The literature points to some contribution to this aspect with Arabica coffee seedlings, however, not yet with Conilon coffee. For this, the biometric analysis on the coffee plants of the Conilon clone LB1 can be used as a basis for the facilitation of future research in the area. From determining the optimal plot size for an experiment, to modeling the leaf area, scientific research is extremely useful. This work aims to biometric studies with Conilon seedlings (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) to cultivate LB1, divided into two chapters. In chapter 1, the determination of the optimal

plot size for experiments with seedlings was carried out, using the methodology proposed by Hatheway in which the coefficient of variation values and the heterogeneity index were obtained by bootstrap simulation with replacement. In the installation of conilon clone LB1 coffee experiments, in randomized blocks with 7 to 40 treatments and three repetitions, plots containing nine seedlings are sufficient to identify significant differences between treatment means on non-destructive characters at 5% probability and difference between mean treatments 30% of the general average of the experiment. For destructive characteristics, plots containing 14 seedlings are sufficient to identify significant differences between treatment means. In chapter 2, the leaf area was modeled for coffee seedlings produced in two containers (bags and tubes) from linear dimensions of the leaf surface. The length (C), the width (L), the observed leaf area (AFO) and the product of multiplying the length by the width (CL) of all leaves were measured. The covariance analysis was carried out using the student's t test at 5% probability to verify the possibility of using a single equation model that estimates the leaf area of the seedlings in both containers. The mean error (E), mean absolute error (AME), root of the mean error square (RQME) and Willmott index (d) were used as validation criteria. The leaf area of coffee seedlings cultivar LB1 produced in bags and tubes can be estimated by the equation  $AFE = 1.157364 + 0.646417 (CL)$ .

**Key words:** *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, experimental precision, experimental design.

## 1. CAPÍTULOS

## 1.1. DETERMINAÇÃO DO TAMANHO ÓTIMO DE PARCELAS PARA MUDAS DE CAFEEIRO CONILON LB1

### Resumo

Na realização de experimentos envolvendo culturas agrícolas, há necessidade de o pesquisador estabelecer inicialmente o delineamento, o número de tratamentos, de repetições e o tamanho das parcelas, para prever o espaço físico e gasto de material. Este planejamento nem sempre é fácil em função da inexistência de pesquisas que apontem o adequado tamanho de parcela, principalmente em experimentos na fase de mudas. Neste trabalho objetivou-se determinar o tamanho ótimo de parcelas para experimentos com mudas de café conilon clone LB1. Utilizou-se a metodologia proposta por Hatheway em que os valores de coeficiente de variação e o índice de heterogeneidade foram obtidas por simulação bootstrap com reposição. Os resultados evidenciaram que na instalação de experimentos com cafeeiro conilon LB1 produzido em sacolas, com delineamento em blocos casualizados, quando da avaliação de características destrutivas requerem maior tamanho da parcela experimental do que quando características não destrutivas, considerando um mesmo erro experimental. Na instalação de experimentos de cafeeiro conilon clone LB1, em blocos casualizados com 7 a 40 tratamentos e três repetições, parcelas contendo nove mudas são suficientes para identificar diferenças significativas entre médias dos tratamentos sobre caracteres não destrutivos a 5% de probabilidade e diferença entre médias de tratamentos 30% da média geral do experimento. Já para as características destrutivas em blocos casualizados com 7 a 40 tratamentos e três repetições, parcelas

contendo 14 mudas são suficientes para identificar diferenças significativas entre médias dos tratamentos a 5% de probabilidade e diferença entre médias de tratamentos 30% da média geral do experimento.

**Palavras-chave:** *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, precisão experimental, planejamento experimental, delineamento em blocos casualizados.

### **Abstract**

In the execution of experiments involving agricultural crops, it is essential that the researcher is able to initially establish the outline, the amount of treatments, replication and the plot sizes, to predict the physical space and waste of material. The planning is not always easy due to the lack of research pointing out the adequate plot size, especially in experiments throughout seedlings stage. The objective of this work was to determine the adequate plot size for experiments with conilon coffee clone LB1 seedlings. For this Hatheway's suggested methodology was used, in which the coefficient values of variation and the heterogeneity index were obtained through bootstrap simulation with replications. The findings emphasized that in the experiments involving the conilon coffee tree LB1 manufactured in bags, with the delineation in randomized blocks, when the evaluation of destructive characteristics require a larger experimental plot size than when characteristics are non-destructive, considering the same margin error. In the installation of experiments with conilon coffee tree LB1 clone, in randomized blocks with 7 to 40 treatments and three replications, plots holding nine seedlings are enough to identify significant differences between average of treatments of non-destructive kinds to 5% of prospects and variation between the average of treatments 30% of overall experimental average. However, for destructive characteristics in randomized blocks with 7 to 40 treatments in three replications, plots holding 14 seedlings are enough to identify significant differences between treatment averages to 5% of prospects and variation between average treatments 30% of overall experimental average.

**Keywords:** *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, Hatheway's method, experimental planning, outline in randomized blocks

## Introdução

O cafeeiro conilon é uma planta diplóide que contém uma autoincompatibilidade gametofítica, contudo, as plantas obtidas por meio seminífero são muito distintas entre si, já as plantas propagadas de forma vegetativa são geneticamente iguais, tornando assim a produção homogênea (BRAGANÇA et al., 2001). A propagação seminífera é feita com o objetivo de obtenção de novas variedades, sendo essas plantas selecionadas por se destacar dentre as outras. Após a seleção a propagação é feita de forma vegetativa, a fim de manter as características da planta mãe, ou realizar o melhoramento genético da variedade, e dessa forma são obtidos os clones de cafeeiro conilon utilizados na composição de variedades clonais (FERRÃO et al., 2012).

Dentre os vários clones de cafeeiro conilon, o LB1 vem sendo amplamente utilizado por vários produtores rurais do norte do Estado na composição de suas variedades clonais, isso se dá pelo fato do clone apresentar excelentes resultados em campos de produção por ser compatível com os demais clones utilizados na variedade. Desta forma, o clone LB1 vem sendo avaliado em campo, no Norte do Estado de Espírito Santo, juntamente com outros clones para a constituição de outras variedades clonais (OLIOSI et al., 2018).

Em experimentos de campo que envolvem a cultura do cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) encontra-se área útil de parcelas de tamanho variados, desde apenas oito plantas (DARDENGO et al., 2013) até trinta plantas por parcela (BERILLI et al., 2015). Entretanto na literatura não existem trabalhos que relatem qual o tamanho ótimo de parcela a ser usado em função do delineamento, número de tratamentos e repetição do experimento.

Essa arbitrariedade encontrada em campo segue para experimentos envolvendo produção de mudas de cafeeiro conilon em viveiro, ou seja, ausência na literatura de trabalhos que indiquem o dimensionamento ótimo da parcela. São relatados avaliação de experimentos com tamanhos de parcelas de duas (DARDENGO et al., 2013), seis (DIAS et al., 2009), dez (MENEGHELLI et al., 2016), doze (SILVA et al., 2010) mudas úteis por parcela. Salienta-se que a demanda por pesquisas com mudas de cafeeiro conilon é enorme em função da constante evolução

do processo produtivo, devido a necessidade de avaliação de novos substratos, novos princípios ativos de defensivos, formulações de adubos de liberação lenta, dentre outros. Assim, a determinação de tamanho de parcela baseado em critérios científicos é de extrema importância para dar maior credibilidade aos resultados experimentais (STORCK et al., 2011).

Quanto às características em avaliação, o pesquisador pode estar interessado em avaliar apenas características de fácil mensuração, que normalmente não envolvem a destruição das mudas (SILVA et al., 2010; BUFFON et al., 2016). Tais características também são utilizadas pelos produtores para seleção de clones ou em características que envolvem a destruição das mudas como matéria seca de parte aérea e de sistema radicular (DIAS et al., 2009; FIRMINO et al., 2012; DARDENGO et al., 2013).

O pesquisador ao avaliar o experimento, poderá analisar várias características, destrutivas e/ou não destrutivas. Cada característica poderá demandar um tamanho de parcela ( $X_0$ ) diferente, como demonstrado em vários trabalhos científicos (BOYHAN et al., 2013; CELANTI et al., 2016a; CELANTI et al., 2016b; SCHMILDT et al., 2016), e, portanto, avaliando-se várias características haverá vários tamanhos de parcelas. No entanto, quando o pesquisador instala o experimento, ele terá que definir por apenas um tamanho de parcela, visto que parcelas muito grandes ocasionam em gastos de material experimental, espaço físico e tempo desnecessários, enquanto parcelas muito pequenas ocasionam erros experimentais maiores.

Para a obtenção do tamanho ótimo de parcelas encontram-se descritos na literatura dezenas de metodologias. Dentre estas destacam-se, atualmente, três pelo seu uso mais frequente, sendo elas a de máxima curvatura modificado (MEIER; LESSMAN, 1970), a da máxima curvatura do coeficiente de variação (PARANAÍBA et al., 2009), e, a de Hatheway (1961). O uso da metodologia de Hatheway é interessante porque podem ser satisfeitos os anseios do pesquisador que deseja saber o tamanho ótimo de parcela para a sua realidade de pesquisa, que inclui o número de tratamentos e de repetições, o delineamento experimental usado e a precisão do experimento (CELANTI et al., 2016b). Dentre os usos recentes da metodologia segundo Hatheway citam-se os de Cargnelutti Filho et al. (2018) na determinação do tamanho de parcela

em experimentos com feijão guandu anão e por Schmildt et al. (2018) com genótipos de mamoeiro.

Diante do exposto, objetivou-se por este trabalho a determinação do tamanho ótimo de parcelas para experimentos envolvendo mudas de café conilon *Coffea canephora* Pierre ex Froehner por meio do método de Hatheway (1961).

## **Material e Métodos**

Na realização do presente estudo utilizou-se 160 mudas do clone LB1 de cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), adquiridas junto ao viveiro Candeias, localizado no Estado do Espírito Santo, Brasil (latitude Sul de 18,9107124° e longitude Oeste de 40,0532683°). O clima da região é classificado como Aw (ALVARES et al., 2014). O viveiro apresenta cobertura com tela de poliolefinas (Sombrite®), permitindo a entrada de 50% da iluminação solar. A irrigação foi de forma intermitente por meio de um sistema localizado por microaspersão.

As mudas utilizadas na avaliação foram provenientes de estacas de ramos ortotrópicos, sendo estas padronizadas com aproximadamente 10 cm de comprimento, apresentando apenas um par de folhas em cada. No viveiro, as mudas foram produzidas em sacolas de polipropileno de 11 cm de largura x 20 cm de altura e espessura de 0,006 cm e capacidade de aproximadamente 770 mL de substrato. As sacolas foram preenchidas com substrato convencional, composto de terra de subsolo e esterco bovino curtido na proporção 4:1. Foram feitas adubações fosfatadas 30 dias após o estaqueamento e duas adubações foliares com micronutrientes, uma aos 45 e outra aos 75 dias após estaqueamento, todos os tratamentos culturais foram realizados pelos viveiros, de acordo com a sua produção de mudas.

Após 90 dias do estaqueamento, as mudas foram transportadas para o laboratório de melhoramento de plantas do Centro Universitário do Norte do Espírito Santo/UFES, onde foram avaliadas as características não destrutivas: altura da parte aérea (APA), determinada com régua graduada em cm, medindo-se a base do caule até a inserção da última folha; número de folhas (NF), por meio da contagem de todas as folhas de cada muda; diâmetro do coleto (DC), medido com paquímetro digital a três cm da superfície do substrato em mm; área foliar por muda (AF), escaneado com



scanner portátil Vupoint® Solutions Magic Wand PDS-ST415-VPS e medido com auxílio do Software ImageJ® (SCHINDELIN et al., 2015). Após esses procedimentos as mudas tiveram o substrato retirado em água corrente e foram separadas em parte aérea e raiz, sendo estas individualizadas e devidamente identificadas. Posteriormente as mudas foram levadas a estufa de ventilação fechada a 60° C até atingirem massa constante para avaliação das características destrutivas: matéria seca de parte aérea (MSPA), em g; matéria seca total (MST), e a matéria seca de raízes (MSR) pela diferença entre MST e MSPA; e, índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) dado pela Equação 1 (DICKSON et al., 1960).

$$IQD = MST / \{(APA/DC) + (MSPA/MSR)\} \quad (1)$$

Na amostra de 160 mudas avaliadas para cada uma das características, determinou-se as seguintes estatísticas descritivas: mínimo, máximo, média, desvio padrão, coeficiente de variação (CV, em %) e normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk. Para a determinação do tamanho ótimo de parcela ( $X_0$ ) utilizou-se o método segundo Hatheway (1961), conforme equação 2.

$$X_0 = \sqrt[3]{2(t_1 + t_2)^2 CV^2 / r d^2} \quad (2)$$

Na equação 2, os valores do coeficiente de heterogeneidade (b) e o coeficiente de variação (CV) para cada característica foram obtidos por simulação bootstrap, com 2000 reamostragens (CELANTI et al., 2016a). Já o d é a precisão experimental que compreende a diferença entre as médias dos tratamentos detectadas como significativas a 5% de probabilidade, expressa em porcentagem da média geral do teste de uniformidade;  $t_1$  é o valor tabelado de t para testes de significância (teste bilateral a 5%), com gl graus de liberdade;  $t_2$  é o valor tabelado de t, bilateral, correspondente a um erro de  $2(1-p)$ , com gl graus de liberdade, sendo  $p=0,80$  a probabilidade de se obter resultados significativos. Os valores tabelados da distribuição de t foram obtidos com gl graus de liberdade do resíduo, em função dos l tratamentos e r repetições, sendo  $gl = (l - 1)(r - 1)$  para experimentos em blocos casualizados.

Neste trabalho, a definição de qual o tamanho de parcelas está em função do valor do CV da amostra de mudas. A determinação do  $X_0$  foi feita para duas características, sendo apenas uma característica não destrutiva, a de maior CV dentre as características não destrutivas, para o caso do pesquisador ter interesse apenas

nas características não destrutivas, e, uma característica destrutiva, a de maior CV dentre as características destrutivas, para o caso do pesquisador ter interesse apenas nas características destrutivas. Isto é válido porque, uma vez o pesquisador usando o método de Hatheway (1961), com simulação bootstrap, a única incógnita será o CV contido na Equação 2, que depende de qual característica está em avaliação, visto que a precisão  $d$  e o número de repetições  $r$  são definidos pelo pesquisador, os valores de  $t$  são tabelados e fixos em função do número de tratamentos e repetições  $e$ , o valor do índice de heterogeneidade  $b$  é próximo à unidade, conforme demonstrado por Celanti et al. (2016a).

Os dados foram analisados utilizando-se os recursos computacionais do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019). Por se tratar de uma variável aleatória discreta, o tamanho ótimo de parcela foi apresentado por número inteiro, adotando-se o arredondamento para inteiro superior (CELANTI et al., 2016a).

## Resultados e Discussão

A Figura 1 ilustra as mudas de cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), clone LB1, por ocasião das avaliações em janeiro de 2018, aos 90 dias após o estaqueamento. Estas mudas tinham, em média, 11,82 cm de altura da parte aérea (Tabela 1), semelhante ao verificado por outros pesquisadores em café conilon, cv. Robusta Tropical (DARDENGO et al., 2013) e consideradas de bom padrão, por produtores de mudas e agricultores, para levar para plantio a campo. O diâmetro do coleto médio obtido foi de 6,78 mm, este sendo aproximadamente o dobro do encontrado por Silva et al. (2010) em cafeeiro conilon, cv. Robusta Tropical, ao qual pode ser explicado devido a diferença apresentada entre clones de café conilon, mostrando assim o potencial de desenvolvimento da planta do clone LB1. Cada muda teve em média de aproximadamente 8 folhas por planta, estando muito próximo dos valores encontrados por Berilli et al. (2018) em cafeeiro conilon, clone V8. A área foliar média de 203,56 cm<sup>2</sup> por planta é próxima à área média de 186,86 cm<sup>2</sup> descrito por Espindula et al. (2015).



**FIGURA 1.** Mudanças de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), clone LB1, avaliadas 90 dias após o estaqueamento (A = Mudanças em viveiro; B = Mudanças no laboratório de melhoramento para a realização das avaliações).

**TABELA 1.** Estatística descritiva com valores mínimos, máximos, médios, desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV) e valor p do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SW) a partir de 160 mudas clonais de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), avaliadas 90 dias após o estaqueamento

Característica <sup>1/</sup>	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV (%)	SW <sup>2/</sup>
APA	4,80	18,20	11,82	2,89	24,51	0,08
DC	4,60	9,52	6,78	1,13	16,67	< 0,01
NF	4,00	16,00	7,56	2,68	35,27	< 0,01
AF	68,48	366,87	203,56	60,01	29,48	0,19
MSPA	1,18	4,90	2,41	0,80	32,92	< 0,01
MSR	0,23	2,35	0,81	0,35	43,87	< 0,01
MST	1,67	6,94	3,22	1,06	32,76	< 0,01
IQD	0,22	2,01	0,68	0,29	43,36	< 0,01

<sup>1/</sup> APA, altura de parte aérea em cm; DC, diâmetro do coleto em mm; NF, número de folhas por planta; AF, área foliar em cm<sup>2</sup>; MSPA, matéria seca de parte aérea em g; MSR, matéria seca da raiz em g; MST, matéria seca total em g; IQD, índice de qualidade de Dickson.

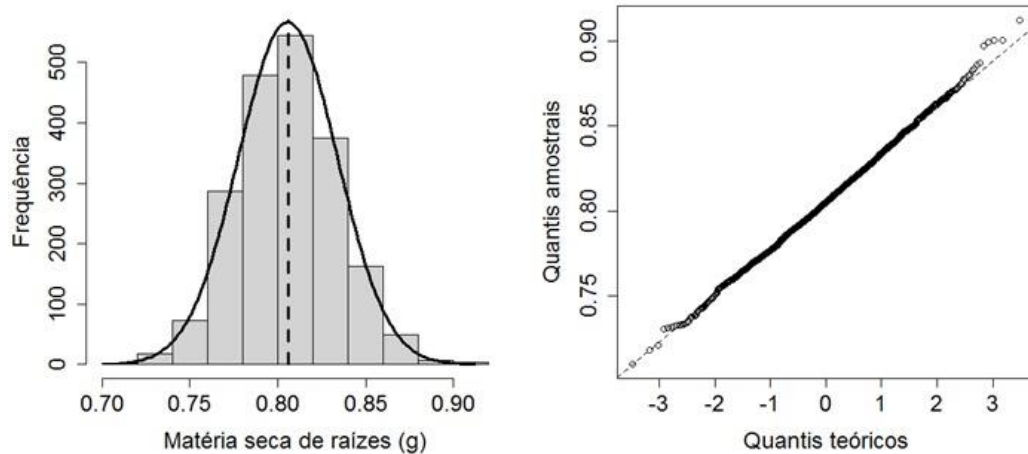
<sup>2/</sup> Valor p maior que 0.05 indica distribuição normal dos dados pelo teste de normalidade Shapiro-Wilk.

Quanto às características destrutivas, a avaliação da qualidade mostrou valor médio de IQD = 0,68 (Tabela 1), semelhante ao observado por Dardengo et al. (2013) no conilon cv. Robusta Tropical, que encontraram valor de IQD = 0,60. Na avaliação de mudas de café conilon o valor médio da MST encontrada foi de 3,22 g, da mesma forma que os valores de IQD se apresentou semelhante ao de Dardengo et al. (2013),

sendo ele de 2,99 g, o que segundo os mesmos representa um bom nível de desenvolvimento da planta. A matéria seca da parte aérea apresentou média de 2,41 g, sendo ela superior ao valor de 1,28 g encontrado por Espindula et al. (2015) em conilon clone BRS Ouro Preto e inferior ao valor de 3,6 g encontrado por Berilli et al. (2018) no conilon clone V8. A matéria seca da raiz obteve média de 0,81 g, com valor médio próximo ao encontrado por Berilli et al. (2018) em conilon, clone V8, sendo ele de 0,99 g, apontado pelos mesmos como representante de bom desenvolvimento radicular da planta.

Concernente à variabilidade dos dados, medido pelo coeficiente de variação (CV), dentre as oito características a que apresentou menor dispersão foi o diâmetro de coleto (CV = 16,67%) e a que apresentou maior foi matéria seca de raízes (MSR) com CV = 43,87% (Tabela 1). Dentre as características não destrutivas, a de maior dispersão foi número de folhas (NF), com CV = 35,27%. Por critérios adotados neste artigo, foi feita a determinação do tamanho de amostra para características não destrutivas a partir do NF e, para características destrutivas, pela MSR. Este procedimento de adotar o maior valor de CV entre todos os valores apresentados, também tem sido adotado por outros pesquisadores em trabalhos de determinação do tamanho de parcelas por capturar melhor a variabilidade dos dados (CARGNELUTTI FILHO et al., 2018; LAVEZO et al., 2018).

No que se refere à distribuição de probabilidade dos dados, verifica-se que apenas as características APA e AF apresentam distribuição normal (Tabela 1). Considerando que a maioria das características avaliadas, incluindo as que são usadas para a determinação do tamanho de parcela, não possuem distribuição normal dos dados amostrais, o uso da metodologia de Hatheway (1961) com simulação bootstrap com reposição dos dados, se mostra mais apropriado. O uso da simulação pode ser feito adequadamente para qualquer tipo de distribuição de probabilidade, visto que a simulação leva à normalidade dos dados, como apontado por González et al. (2017) e demonstrado para MSR na Figura 2, cujo teste de distribuição normal de Shapiro-Wilk apresentou  $p = 0,462$ . Pelos resultados apresentados para as características avaliadas nas mudas de LB1, observa-se que as mesmas são adequadas para este tipo de estudo.



**FIGURA 2.** Distribuição de frequência de 2000 estimativas de média de matéria seca de raízes em g, de cafeeiro conilon clone LB1 e gráfico quantil-quantil para verificação de sua normalidade, a partir de uma amostra de 160 mudas.

O tamanho de parcelas para a característica número de folhas por muda de cafeeiro conilon clone LB1 produzido em sacolas é apresentado na Tabela 2. Esta Tabela pode ser consultada para o caso de o pesquisador ter interesse em avaliar apenas características não destrutivas. Desta forma, caso o pesquisador for instalar um experimento com mudas de LB1, com cinco tratamentos e quatro repetições, num delineamento em blocos casualizados, e considerar erro de 20% em torno da média, irá usar 15 mudas por parcela e, portanto, o experimento será instalado com uso de 300 mudas ( $5 \times 4 \times 15 = 300$ ). Considerando que as demais características não destrutivas, AP, DC e AF possuem menor CV em relação a NF (Tabela 1), estas características terão maior precisão experimental, com diferenças da média inferior a 20%. Esta diferença na precisão entre as características, não se constitui problema visto que, na prática, o que o pesquisador necessita resolver é qual o tamanho da parcela para instalar o experimento.

**TABELA 2.** Tamanho ótimo de parcelas ( $X_0$ ), expresso em número de plantas, para avaliação do número de folhas, estimadas pelo método de Hatheway em experimento em delineamento em blocos ao acaso em diferentes cenários formados por combinações entre número de tratamentos (I) e número de repetições (J) em mudas de café conilon, com erro de 10%, 20%, 30% e 40% em torno da média, avaliadas 90 dias após o estaqueamento

I	J	d = 10%	d = 20%	d = 30%	d = 40%	I	J	d = 10%	d = 20%	d = 30%	d = 40%
3	7	34	9	4	3	15	2	76	19	9	5
4	5	47	12	6	3	15	3	71	18	8	5
4	6	38	10	5	3	15	4	52	13	6	4
4	7	32	8	4	2	15	5	41	11	5	3
5	4	59	15	7	4	15	6	34	9	4	3
5	5	45	12	5	3	15	7	29	8	4	2
5	6	37	10	5	3	20	2	73	19	9	5
5	7	31	8	4	2	20	3	69	18	8	5
6	4	57	15	7	4	20	4	51	13	6	4
6	5	44	11	5	3	20	5	41	11	5	3
6	6	36	9	4	3	20	6	34	9	4	3
6	7	30	8	4	2	20	7	29	8	4	2
7	3	78	20	9	5	25	2	72	18	8	5
7	4	55	14	7	4	25	3	69	18	8	5
7	5	43	11	5	3	25	4	51	13	6	4
7	6	35	9	4	3	25	5	41	11	5	3
7	7	30	8	4	2	25	6	34	9	4	3
8	3	76	19	9	5	25	7	29	8	4	2
8	4	55	14	7	4	30	2	71	18	8	5
8	5	43	11	5	3	30	3	68	17	8	5
8	6	35	9	4	3	30	4	51	13	6	4
8	7	30	8	4	2	30	5	40	10	5	3
9	3	75	19	9	5	30	6	34	9	4	3
9	4	54	14	6	4	30	7	29	8	4	2

**TABELA 2.** Continuação...

9	5	42	11	5	3	35	2	70	18	8	5
9	6	35	9	4	3	35	3	68	17	8	5
9	7	30	8	4	2	35	4	51	13	6	4
10	2	83	21	10	6	35	5	40	10	5	3
10	3	74	19	9	5	35	6	34	9	4	3
10	4	53	14	6	4	35	7	29	8	4	2
10	5	42	11	5	3	40	2	69	18	8	5
10	6	35	9	4	3	40	3	68	17	8	5
10	7	30	8	4	2	40	4	50	13	6	4

Quando o foco do experimento for a avaliação de características destrutivas, o pesquisador deve recorrer à Tabela 3, que traz o tamanho de parcelas para cenários que envolvam diferentes tratamentos e diferentes números de repetições em diferentes precisões experimentais. Considerando o mesmo cenário apontado anteriormente, de experimento em blocos casualizados com cinco tratamentos, quatro repetições e precisão com 20% de erro em torno da média, o tamanho da parcela será de 23 mudas, o que corresponde ao uso de 460 mudas ( $5 \times 4 \times 23 = 460$ ) no referido experimento, tamanho este bem maior que com o uso de características não destrutivas. Diferentes tamanhos de amostra para diferentes tipos de características também têm sido verificados em outras culturas por outros autores na avaliação de mudas como por Firmino et al. (2012) em cafeeiro arábica e por Celanti et al. (2016b) em mamoeiro.

Outra informação importante para o experimentador diz respeito à economia como gasto de mudas na instalação do experimento. Tomando-se como base, mais uma vez o tamanho de parcela com erro de 20% em torno da média, para avaliar características destrutivas nas mudas (Tabela 3), se o pesquisador instalar experimento considerando o número mínimo de 20 parcelas, de acordo com Pimentel-Gomes (2009), ele pode fazer com uso de quatro tratamento e cinco repetições, sendo necessárias 18 mudas por parcela e, portanto, gasto de 360 mudas ( $4 \times 5 \times 18 = 360$ ). Se o referido experimento constar de cinco tratamentos e quatro repetições, serão

necessárias 23 mudas por parcela, com gasto de 460 mudas ( $5 \times 4 \times 23 = 460$ ). No mesmo experimento, se forem usados dez tratamentos e duas repetições, o número de mudas por parcela sobe para 32, e o gasto sobe para 640 mudas ( $10 \times 2 \times 32 = 640$ ) para o referido experimento. Nota-se que, com o mesmo número de parcelas, o menor gasto é com a combinação que permita o uso de maior número de repetições. Tal constatação também já fora feita por outros pesquisadores em outros estudos de determinação do tamanho de parcela usando a metodologia segundo Hatheway (1961), como em feijão guandu anão (CARGNELUTTI FILHO et al., 2018) e em mamoeiro a campo (SCHMILDT et al., 2018).

**TABELA 3.** Tamanho ótimo de parcelas ( $X_0$ ), expresso em número de plantas, para avaliação da matéria seca de raízes, estimadas pelo método de Hatheway em experimento em delineamento em blocos ao acaso em diferentes cenários formados por combinações entre número de tratamentos (I) e número de repetições (J) em mudas de café conilon, com erro de 10%, 20%, 30% e 40% em torno da média, avaliadas 90 dias após o estaqueamento

I	J	d = 10%	d = 20%	d = 30%	d = 40%	I	J	d = 10%	d = 20%	d = 30%	d = 40%
3	7	52	13	6	4	15	2	117	30	13	8
4	5	72	18	8	5	15	3	109	28	13	7
4	6	58	15	7	4	15	4	80	20	9	5
4	7	49	13	6	4	15	5	63	16	7	4
5	4	90	23	10	6	15	6	52	13	6	4
5	5	69	18	8	5	15	7	45	12	5	3
5	6	56	14	7	4	20	2	113	29	13	8
5	7	47	12	6	3	20	3	107	27	12	7
6	4	87	22	10	6	20	4	79	20	9	5
6	5	67	17	8	5	20	5	63	16	7	4
6	6	55	14	7	4	20	6	52	13	6	4
6	7	47	12	6	3	20	7	44	11	5	3
7	3	120	30	14	8	25	2	110	28	13	7
7	4	85	22	10	6	25	3	106	27	12	7
7	5	66	17	8	5	25	4	78	20	9	5
7	6	54	14	6	4	25	5	62	16	7	4



**TABELA 3.** Continuação...

7	7	46	12	6	3	25	6	52	13	6	4
8	3	117	30	13	8	25	7	44	11	5	3
8	4	84	21	10	6	30	2	108	27	12	7
8	5	65	17	8	5	30	3	105	27	12	7
8	6	54	14	6	4	30	4	78	20	9	5
8	7	46	12	6	3	30	5	62	16	7	4
9	3	115	29	13	8	30	6	52	13	6	4
9	4	83	21	10	6	30	7	44	11	5	3
9	5	65	17	8	5	35	2	107	27	12	7
9	6	53	14	6	4	35	3	104	26	12	7
9	7	46	12	6	3	35	4	78	20	9	5
10	2	128	32	15	8	35	5	62	16	7	4
10	3	113	29	13	8	35	6	51	13	6	4
10	4	82	21	10	6	35	7	44	11	5	3
10	5	64	16	8	4	40	2	107	27	12	7
10	6	53	14	6	4	40	3	104	26	12	7
10	7	45	12	5	3	40	4	77	20	9	5

Outra constatação desta análise de experimento é que se o pesquisador mantiver o mesmo número de tratamentos e aumentar o número de repetições, automaticamente aumentará o número total de parcelas, no entanto, diminuirá o gasto de mudas para instalar o experimento. Esta constatação pode ser comprovada, mais uma vez com as características destrutivas apresentadas na Tabela 3. Desta forma, se o pesquisador precisar instalar experimento com cinco tratamentos, ele poderá usar quatro, cinco, seis ou mais repetições. Caso o pesquisador opte por um erro de 20% em torno da média, e, usar quatro repetições, serão necessárias 23 mudas por parcela, com gasto de 460 mudas como demonstrado anteriormente. Caso ele use os mesmos cinco tratamentos e aumente o número de repetições para seis, usará 14 mudas por parcela e terá um gasto de 420 mudas ( $5 \times 6 \times 14 = 420$ ) para instalar o mesmo experimento, uma redução de 40 mudas na instalação do experimento, que implicará não apenas em redução de custos, mas também espaço no viveiro de

produção de mudas. Resultados semelhantes foram obtidos por Schmildt et al. (2018) na avaliação de plantas de mamoeiro a campo.

Na guisa de orientação para o pesquisador, o tamanho de parcela não é tão influenciado pela variação do número de tratamentos quanto pela variação do número de repetições. Assim, se o pesquisador desejar instalar um experimento para avaliar características não destrutivas apenas e usar erro de 30% em torno da média, com 7 tratamentos e fixando o número de repetições em 3, ele terá o gasto de 9 plantas por parcela e, se aumentar o número de tratamentos para 40, com as mesmas 3 repetições, o gasto será de 8 mudas por parcela (Tabela 2). Este tipo de constatação também foi feito por outros pesquisadores em outras culturas agrícolas (CARGNELUTTI FILHO et al., 2018; SCHMILDT et al., 2018).

Na literatura não foram encontrados trabalhos que envolvam pesquisas com o uso de mudas de cafeeiro conilon, apesar do mesmo ser bastante usado por agricultores do norte do estado do Espírito Santo e de fazer parte como constituinte de variedades clonais em avaliação (OLIOSI et al., 2018). Tomou-se a liberdade então de se referir a outros trabalhos que usam clones de conilon e verifica-se que o tamanho das parcelas é entre seis e doze mudas (DIAS et al., 2009; SILVA et al., 2010; DARDENGO et al., 2013), o que, consultando a Tabela 3, verifica-se que se enquadram nas situações com erro entre 30 e 40% em torno da média. Assim, enfatiza-se que, nenhum pesquisador pode ser acusado de ter delineado incorretamente o seu experimento, pelo fato de ter usado mais ou menos mudas por parcela, apenas entende-se que para uma precisão experimental maior, exige-se um gasto maior de mudas e, para uma precisão menor, exige-se um gasto menor de mudas. Como ilustração desta constatação, tomemos as características não destrutivas apontadas na Tabela 2. Se o pesquisador precisar instalar um experimento com cinco tratamentos e optar por usar sete repetições, se o mesmo considerar um erro de 10% em torno da média, a parcela conterá 31 mudas, mas caso queira usar uma precisão menor, como 40% de erro em torno da média, serão necessárias apenas duas mudas por parcela.

Este trabalho traz uma contribuição para a experimentação com mudas do cafeeiro clone LB1 produzidas em sacolas de polipropileno. Incentiva-se a verificar o

tamanho de parcelas para outros clones de conilon, assim como para o próprio LB1 produzido em outros tipos de recipientes como em tubetes.

## Conclusões

Na instalação de experimentos com mudas de cafeeiro conilon, as características destrutivas requerem maior tamanho da parcela experimental do que as características não destrutivas, considerando um mesmo erro experimental.

Na instalação de experimentos com mudas de cafeeiro conilon, em blocos casualizados com 7 a 40 tratamentos e três repetições, as parcelas contendo nove mudas são suficientes para identificar diferenças significativas entre médias dos tratamentos sobre caracteres não destrutivos, enquanto que para caracteres destrutivos são necessárias parcelas contendo 14 mudas.

## Referências

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

BERILLI, S.S.; ZOOCA, A.A.F.; FERRAZ, T.M.; FIGUEIREDO, F.A.M.M.A.; RODRIGUES, W.P.; BERILLI, A.P.C.G.; CAMPOSTRINI, E. Influence of tannery wastewater sludge doses on biometric and chlorophyll fluorescence parameters in conilon coffee. **Biosciência Journal**, v.34, n.3, p.556-564, 2018. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/36994/22203>

BERILLI, S.S.; BERILLI, A.P.C.G.; CARVALHO, A.J.C.; FREITAS, S.J.; CUNHA, M.; FONTES, P.S. F. Níveis de cromo em mudas de café conilon desenvolvidas em substrato com lodo de curtume como adubação alternativa. **Coffee Science**, v.10, n.3, p.320-328, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/BJ-v34n3a2018-36994>

BOYHAN, G.E. Optimum plot size and number of replications for determining watermelon yield, fruit size, fruit firmness, and soluble solids. **Hortscience**, v.48, n.9, p.1200-1208, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.9.1200>

BRAGANÇA, S.M.; CARVALHO, C.H.S.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, R.G. Variedades clonais de café Conilon para o Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.5, p.765-770, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000500006>

BUFFON, S.B.; FILHO, J.A.M.; ARANTES, L.O.; ARANTES, S.D.; SANT'ANA, R.C.; BARROS, B.L.A.; VITORIA, R.Z.; LEITE, L.A. Avaliação do crescimento inicial de mudas de café conilon (*Coffea canephora*) em diferentes acondicionamentos de estacas. In IFES e INCAPER (Ed), **Anais do I Seminário de iniciação científica e tecnológica (sict) do Incaper**, XI Jornada de iniciação científica, desenvolvimento tecnológico e inovação do IFES (p. 1-4), Venda Nova do Imigrante, IFES, 2016.

CARGNELUTTI FILHO, A.; LAVEZO, A.; BEM, C.M.; CARINI, F.; SCHABARUM, D.E.; BANDEIRA, C.T.; KLEINPAUL, J.A.; WARTHA, C.A.; SILVEIRA, D.L.; PEZZINI, R.V.; THOMASI, R.M.; SIMÕES, F.M.; NEU, I.M.M. Plot size related to numbers of treatments and replications, and experimental precision in dwarf pigeon pea. **Bragantia**, v.77, n.2, p.212-220, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/1678-4499.2017085>

CELANTI, H.F.; SCHMILDT, E.R.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, S.R.; CATTANEO, F.L. Optimal plot size in the evaluation of papaya scions: proposal and comparison of methods. **Revista Ceres**, v.63, n.4, p.469-476, 2016a. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/0034-737X201663040006>

CELANTI, H.F.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, S.R.; CATTANEO, F.L.; SCHMILDT, E.R. Plot size in the evaluation of papaya seedlings 'Baixinho de Santa Amália' in tubes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.3, p.1-15, 2016b. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v38n3/0100-2945-rbf-38-3-e-533.pdf>

DARDENGO, M.C.J.D.; SOUSA, E.F.; REIS, E.F.; GRAVINA, G.A. Crescimento e qualidade de mudas de café conilon produzidas em diferentes recipientes e níveis de sombreamento. **Coffee Science**, v.8, n.4, p.500-509, 2013. Disponível em: <http://doi.org/10.25186/cs.v8i4.512>

DIAS, R.; MELO, B.; RUFINO, M.A.; SILVEIRA, D.L.; MORAIS, T.P.; SANTANA, D.G. Fontes e proporção de material orgânico para a produção de mudas de cafeeiro em tubetes. **Ciência Agrotécnica**, v.33, n.3, p.758-764, 2009. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/S1413-70542009000300014>

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v.36, n.1, p.10-13, 1960. Disponível em: <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>

ESPINDULA, M.C.; JARACESKI, R.; TEIXEIRA, A.L.; CAMPANHARO, M.; DIAS, J. R. M. Volume de tubetes para produção de mudas clonais de *Coffea canephora* 'conilon – BRS Ouro Preto'. **IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 24 a 26 de junho de 2015, Curitiba – PR. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/3589>

FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; VERDIN FILHO, A.C.; VOLPI, P.S.; MUNER, L.H.; LANI, J.A.; PREZOTTI, L.C.; VENTURA, J.A.; MARTINS, D.S.; MAURI, A.L.; MARQUES, E.M.G.; ZUCATELI, F. Café conilon: técnicas para produção com variedades melhoradas. (Incaper: **Circular Técnica**, 03, 4 ed.). Revisada e ampliada. Vitória, ES: Incaper, 2012.

FIRMINO, R.A.; COGO, F.D.; ALMEIDA, S.L.S.; CAMPOS, K.A.; MORAIS, A.R. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com mudas de café Catuai Amarelo 2SL. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.6, n.1, p.9-12, 2012. Disponível em: [http://www.emepa.org.br/revista/volumes/tca\\_v6\\_n1\\_mar/tca6102.pdf](http://www.emepa.org.br/revista/volumes/tca_v6_n1_mar/tca6102.pdf).

GONZÁLEZ, G.G.H.; MORAIS, A.R.; BRUZI, T.A.; LISKA, G.R.; REIS, C.J.; BORTOLINI, J.; SOSA, J.H. Application of the Bootstrap technique in the estimation of optimal plot size in soybean experimente. **Tecnología Agraria**, v.2, n. 1, p.36-40, 2017. Disponível em: <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/tecnologia-agraria-1536772.html>

HATHEWAY, W.H. Convenient plot size. **Agronomy Journal**, v.53, n.4, p.279-280,1961.

LAVEZO, A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B.M.; SCHABARUM, D.E.; SILVEIRA, D.L.; CHAVES, G.G. Plot size and number of replications to assess the vegetable matter in oat. **Comunicata Scientiae**, v.9, n.2, p.252-263, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/cs.v9i2.2671>

MEIER, V.D.; LESSMAN, K.J. Estimation of optimum Field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* Hochst. **Crop Science**, v.11, n.5, p.648-650, 1970. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183X001100050013x>

MENEGHELLI, C.M.; MONACO, P.A.V.L.; HADDADE, I.R.; MENEGHELLI, L.A.M.; KRAUSE, M.R. Resíduo da secagem dos grãos de café como substrato alternativo em mudas de café conilon. **Coffee Science**, v.11, n.3, p.330-335, 2016. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8043>

OLIOSI, G.; DALAZEN, J.R.; COVRE, A.M.; SILVA, C.A.; PARTELLI, F.L. Produtividade média de genótipos registrados e promissores de *Coffeacaneophora* cultivados no norte do Espírito Santo. Fundação PROCAFÉ (Ed), **Anais do 44º congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras**. Franca, Centro de Convenções do Hotel Dan Inn. 2018.

PARANAÍBA, P.F.; FERREIRA, D.F.; MORAIS, A.R. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v.27, n.2, p.255-268, 2009. Disponível em: [http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v27/v27\\_n2/Patricia.pdf](http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v27/v27_n2/Patricia.pdf)

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental** (15 ed.). Piracicaba: Fealq, 2009. 451p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2019) **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://r-project.org>>. Acessado em: 29 abril 2019.

SCHINDELIN, J.; RUEDEN, C.T.; HINER, M.C.; ELICEIRI, K.W. The ImageJ Ecosystem: An Open Platform for Biomedical Image Analysis. **Molecular Reproduction and Development**, v.82, n.7-8, p.518–529, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/mrd.22489>

SCHMILDT, E.R.; SCHMILDT, O.; CRUZ, C.D.; CATTANEO, L.F.; FERREGUETTI, G.A. Optimum plot size and number of replications in papaya field experiment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.2, p.1-9, 2016. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/0100-29452016373>

SCHMILDT, E.R.; NASCIMENTO, A.L.; SANTOS, K.T.H.; MALIKOUSKI, R.G.; SCHMILDT, O.; SILVA, C.A.; FERREGUETTI, G.A.; CZEPAK, M.P.; CUEVAS, J. Optimum plot size for experiments with papaya genotypes in field. **African Journal of Agricultural Research**, v.13, n.8, p.360-365, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.5897/AJAR2017.12951>

SILVA, J.I.; VIEIRA, H.D.; VIANA, A.P.; BARROSO, D.G. Desenvolvimento de mudas de *Coffea canephora* Pierre ex a. Froehner em diferentes combinações de substrato e recipiente. **Coffee Science**, v.5, n.1, p.38-48, 2010. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/3936>

STORCK, L.; GARCIA, D.C.; LOPES, S.J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal** (3 ed.). Santa Maria: UFSM, 2011. 198p.

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

### Resumo

O objetivo deste estudo foi ajustar um modelo de equação que estime a área foliar de mudas de cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) cultivar LB1 produzidas em dois recipientes (sacolas e tubetes) a partir de dimensões lineares da superfície foliar. Foram utilizadas 2111 folhas, sendo 1116 de mudas produzidas em sacolas e 995 de mudas produzidas em tubetes. Mediu-se o comprimento (C) ao longo da nervura principal, a largura (L) máxima do limbo foliar, a área foliar observadas (AFO) e produto da multiplicação do comprimento com a largura (CL) de todas as folhas. Para a modelagem, 1911 folhas foram utilizadas. Realizou-se a 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 200 folhas. Posteriormente, ajustou-se um modelo de equação linear simples entre 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  $H_a: \beta_1 \neq 1$ . 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. A área foliar de mudas de cafeeiro cultivar LB1 produzidas em sacolas e em tubetes pode ser estimada pela equação  $AFE = 1,157364 + 0,646417(CL)$

**Palavras-chave:** *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, método não destrutivo, estimativa da área foliar.

## Abstract

The aim of this study was to adjust an equation model that estimates the leaf area of coffee seedlings Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) to grow LB1 produced in two containers (bag and tube) from linear dimensions of the leaf surface. 2111 leaves were used, 1116 of which were produced in bags and 995 of which were produced in tubes. The length (L) was measured along the main rib, the maximum width (W) of the leaf blade, the observed leaf area (OLA) and the product of multiplying the length with the width (WL) of all leaves. For modeling, 1911 leaves were used. The covariance analysis was carried out using the Student's t test at 5% probability to verify the possibility of using a single equation model that estimates the leaf area of the seedlings in both containers. The models were validated with 200 leaves. Subsequently, a simple linear equation model between ELA and OLA was adjusted. The hypotheses  $H_0: \beta_0 = 0$  versus  $H_a: \beta_0 \neq 0$  and  $H_0: \beta_1 = 1$  versus  $H_a: \beta_1 \neq 1$ . The mean error (E), mean absolute error (MAE), root of the mean square error (MSE) and Willmott index (d) were used as validation criteria. The leaf area of coffee seedlings cultivar LB1 produced in bag and tube can be estimated by the equation  $AFE = 1.157364 + 0.646417 (LW)$  generated by the product of multiplying the length with the width of the leaf surface.

**Key words:** *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, non-destructive method, leaf area estimation.

## Introdução

O café é uma página muito especial na história do Brasil. Desde a sua introdução em 1727, tem se constituído em um dos produtos mais importantes no país, na geração de empregos, na produção de riquezas, na diversificação agrícola e na fixação do homem no campo (FERRÃO et al., 2017). Dentre os estados, o Espírito Santo é destaque na produção do cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), 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 cafeeiro conilon do Brasil (CONAB, 2018). Para a



propagação de plantas de cafeeiro 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 sacolas 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 et al., 2005).

A medição da área foliar pode ser feita de diversas formas, dentre elas se encontram os métodos diretos e indiretos. 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).

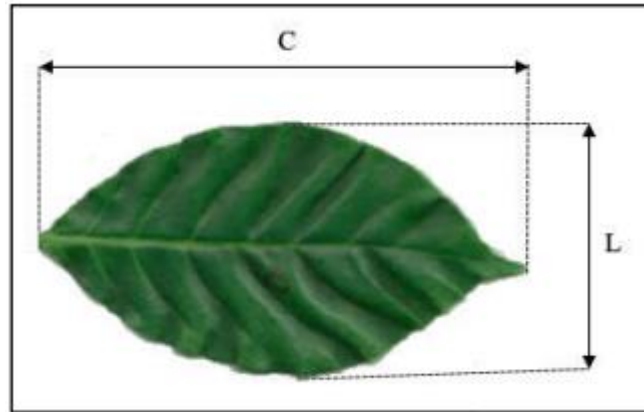
Na literatura se encontram estudos relacionados a modelagem de área foliar para a cultura do cafeeiro, seja para o café arábica (*Coffea arabica*) (FLUMIGNAN et al., 2008; SILVA et al., 2008; FERREIRA et al., 2010; BARBOSA et al., 2012), seja para o café conilon (*Coffea canephora*) (PARTELLI et al., 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 cafeeiro, 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 a cultivar LB1, objetivou-se ajustar um modelo de equação de estime a área foliar de mudas produzidas em sacolas e em tubetes a partir das dimensões lineares da superfície foliar.

## **Material e Métodos**

Para o presente estudo, utilizou-se um total de 2111 folhas de 320 mudas de cafeeiro conilon 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 sacolas foram adquiridas junto ao viveiro Candeias<sup>®</sup> e as mudas de tubetes 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 (Figura 1) e a área foliar observadas (AFO) em cm<sup>2</sup>. O produto do comprimento com a largura (CL), foi determinado através da multiplicação dos valores de C e L. Os dados foram analisados por meio da estatística descritiva obtendo os valores mínimos, máximos, médios, amplitude e coeficiente de variação (CV) para cada característica.



**FIGURA 1.** Representação da medida do comprimento (C) ao longo da nervura principal e largura máxima (L) de folhas de mudas de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivar LB1.

Para a modelagem, 1911 folhas foram utilizadas, sendo 1016 provenientes de mudas produzidas em sacolas e 895 proveniente de mudas produzidas em tubetes. 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  $AFE = \beta_0 + \beta_1 x$  e potência representado por  $AFE = \beta_0 x^{\beta_1}$ , 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 cafeeiro conilon cultivar LB1 produzidos em sacolas e tubetes. Para o modelo potência, os parâmetros  $\beta_0$  e  $\beta_1$  foram previamente linearizados com logarítmica de base 10 (log) para as variáveis dependentes (y) e independentes (x):  $\log(y) = \log\beta_0 + \beta_1 \log(x)$ . Para todas as equações foram obtidos os valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ). 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  $\text{cm}^2$ . Posteriormente, ajustou-se um modelo de equação linear simples ( $AFE = \beta_0 + \beta_1 x$ ) entre e AFE e AFO. Assim, para esta equação 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) (WILLMOTT, 1981), também foram calculados para cada equação através das expressões 1, 2, 3, 4.

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

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

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

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

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 ( $\beta_0$ ) não diferente de zero, coeficiente angular ( $\beta_1$ ) 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 cafeeiro 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 (Figura 2), permitindo a 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 (sacolas e tubetes) 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.



**FIGURA 2.** Representação de folhas de muda de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivar LB1 de diferentes tamanhos utilizadas para modelagem.

**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 da cultivar LB1

Variável	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Amplitude	DP	CV (%)
<b>Modelagem<sup>1</sup></b>							
C	Cm	1,07	17,12	8,71	16,05	3,41	39,15
L	Cm	0,56	7,93	4,24	7,37	1,57	37,01
CL	cm <sup>2</sup>	0,71	130,83	41,98	130,12	28,54	67,98
AFO	cm <sup>2</sup>	0,60	81,00	28,29	80,40	18,51	65,43
<b>Validação<sup>2</sup></b>							
C	Cm	1,66	15,34	8,95	13,68	3,10	34,69
L	Cm	1,05	8,07	4,38	7,02	1,32	29,97
CL	cm <sup>2</sup>	1,74	120,23	43,03	118,49	25,63	59,56
AFO	cm <sup>2</sup>	1,30	81,03	28,95	79,73	16,65	57,53

<sup>1</sup> usadas 1911 folhas; <sup>2</sup> usadas 200 folhas.

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 potência gerado a partir da largura (L) não apresentaram diferença significativa para os parâmetros  $\beta_0$  e  $\beta_1$  entre os dois tipos de recipiente. Assim sendo, foi possível ajustar um único modelo que estime a área das mudas produzidas tanto em sacolas, quanto em tubetes.

**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 potência ajustados com a área foliar observada (AFO) em função do comprimento (C) e da largura (L) de folhas de muda da cultivar LB1 produzidas em sacolas e em tubetes

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

<sup>1</sup> Valores maior de 0,05 indica diferença não significativa para os parâmetros  $\beta_0$  e  $\beta_1$  entre os dois recipientes através da análise de covariância pelo teste t de Student.

Na Tabela 3, é possível observar as duas equações ajustadas para estimar a área de mudas de cafeeiro cultivar LB1 produzida em sacolas e tubetes 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 Borghezán 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).

**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 potência 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 *Coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivar LB1 produzidas em sacolas e em tubete

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

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 ( $\beta_0$ ) e coeficientes angular ( $\beta_1$ ) estatisticamente iguais a zero e um, respectivamente. Isso permite dizer, que quando observada for zero, o valor da área foliar 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 estimada (TOEBE et al., 2019).

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, como demonstrado na Tabela 4. 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.

**TABELA 4.** Coeficiente linear ( $\beta_0$ ), coeficiente angular ( $\beta_1$ ) 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 *Coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivar LB1 utilizadas para validação

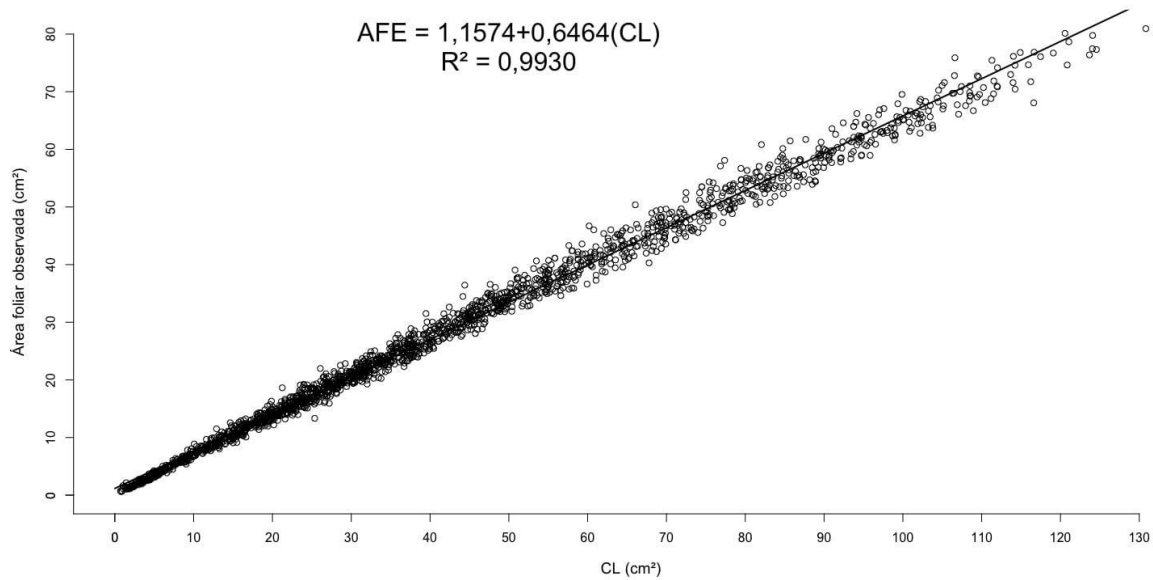
Modelo	Variável	$\beta_0^{(1)}$	$\beta_1^{(2)}$	$R^2$	E	EAM	RQME	D
Linear	CL	-0,04700 <sup>ns</sup>	1,000877 <sup>ns</sup>	0,9912	0,0217	1,1508	1,5582	0,9978
Potência	L	-1,33368*	1,03686*	0,9562	0,2583	2,7051	3,5418	0,9879

(<sup>1</sup>)Coeficiente linear ( $\beta_0$ ) não difere de zero (ns) e significativamente difere de zero (\*) pelo teste t de Student, a nível de 5% de significância, (<sup>2</sup>)Coeficiente angular ( $\beta_1$ ), não difere de um (<sup>ns</sup>) e significativamente difere de um (\*) pelo teste t de Student, a nível de 5% de significância.

Estudos comprovam que equações geradas com a combinação do comprimento com largura são comumente indicadas para estimativa da área foliar de diversas culturas, como verificado em café arábica (ANTUNES et al., 2008), café conilon (SCHMILDT et al., 2015), Lichia (OLIVEIRA et al., 2017), jaca (OLIVEIRA et al., 2019), e Boldo (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 quando utilizadas juntas do que quando usadas de forma individual, isso porque as medidas de comprimento e 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 relatadas 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 de área foliar. Note, que visivelmente há uma associação linear na dispersão dos dados amostrais, o que sugere a adequação ao modelo de regressão linear de primeiro grau (Figura 3).





**FIGURA. 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 *Coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivar LB1 produzidas em sacolas e em tubete.

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 de cafeeiro conilon LB1 cultivadas em tubetes e em sacolas. Além disso, apesar da destruição das folhas exigida nesse estudo, após a determinação dessa equação a área dessa cultivar pode ser mensurada de maneira não destrutiva com o uso de equipamentos simples, como por exemplo régua e 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  $AFE = 1,157364 + 0,646417(CL)$ .

## Referências

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014.
- ANTONIAZZI, A.P.; BINOTTO, B.; NEUMANN, G.M.; SAUSEN, T.L.; BUDKE, J.C. Eficiência de recipientes no desenvolvimento de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae). **Revista Brasileira Biociências**, v.11, p.313-317, 2013.
- ANTUNES, W.C.; POMPELLI, M.F.; CARRETERO, D.M.; DAMATTA F.M. Allometric models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*). **Annals of Applied Biology**, v.153, n.1, p.33-40, 2008.
- BARBOSA, J.P.R.A.D.; MARTINS, G.A.; FERREIRA, R.T.; PENNACCHI, J.P.; SOUZA, V.F.; SOARES, A.M. Estimativa do iaf de cafeeiro a partir do volume de folhas e arquitetura da planta. **Coffee Science**, v.7, n.3, p.267-274, 2012.
- BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Estimation of leaf area for green house cucumber by linear measurements under salinity and grafting. **Scientia Agricola**, v.62, p.305-309, 2005.
- BORGHEZAN M.; GAVIOLI O.; PIT F.A.; SILVA A.L. Modelos matemáticos para a estimativa da área foliar de variedades de videira à campo (*Vitis vinifera* L.). **Ciência Técnica e Vitivinícola**, v.25, n.1, p.1-7, 2010.
- BRINATE, S.V.B.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N.; COLODETTI, T.V.; AMARAL, J.F.T.; TOMAZ, M.A. Accuracy of linear methods to estimate the leaf area of genotypes of conilon coffee. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.30, p.2955-2960, 2015b.
- BRINATE, S.V.B.; RODRIGUES, W.N.; MARTINS, L.D.; COLODETTI, T.V.; TOMAZ, M.A.; AMARAL, J.F.T. Applicability of the method of linear dimensions to estimate leaf area in improved genotypes of *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. **American Journal of Plant Sciences**, v.6, p.651-658, 2015a.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO 2018. Acompanhamento da safra brasileira: Café. Brasília: **CONAB**, v. 4, Safra 2017, n. 4, 2018. pp. 88. 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. Indirect estimation of leaf area in genotypes of 'Conilon' coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). **Australian Journal of Crop Science**, v.12, p. 990-994, 2018.
- FASCELLA, G.; DARWICH, S.; ROUPHAEL, Y. Validation of a leaf area prediction model proposed for rose. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.73, p.73-76, 2013.

FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; De MUNER, L.H. *Coffea canephora*. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F. A.; FERRÃO, M.A.G.; De MUNER, L.H. (Ed.). **Café conilon**, 2. Ed. Vitória, ES : INCAPER, p. 37-53, 2017.

FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P., & NOGUEIRA, D. A. Package 'ExpDes.pt', 2018.

FERREIRA, M. C.; ALANDIA, R. A.; CARVALHO, G.F.G.; BAGGIO, M.V. Determinação de área foliar e retenção de líquido por folhas de café em pulverização a alto volume. **Nucleus**, v.7, n.1, p.277-283, 2010.

FLUMIGNAN, D.L; ADAMI, M.; FARIA, R.T. Área foliar de folhas íntegras e danificadas de cafeeiro determinada por dimensões foliares e imagem digital. **Coffee Science**, v.3, n.1, p.1-6, 2008.

LAVANHOLE, D.F.; OLIVEIRA, P.S.; VITÓRIA, E.L.; AOYAMA, E.M. Estimativa de área foliar por meio de relações alométricas em *Aechmea blanchetiana* (Baker) L. B. SM sob distintas condições de luminosidade. **Iheringia, Série Botânica**, v.73, p.363-373, 2018.

LEVINE, D.M.; STEPHAN, D.F.; SZABAT, K.A. Estatistic for managers using **Microsoft Excel: global edition**. (8th ed.) London: Person, 2017. 728p.

LUCENA, R.R.M.; BATISTA, T.M.V.; DOMBROSKI, J.L.D.; LOPES, W.A.R.; RODRIGUES, G.S.O. Medição de área foliar de aceroleira. **Revista Caatinga**, v.24, p.40-45, 2011.

MISGANA, Z.; DABA, G.; DEBELA, A. Modeling leaf area estimation for arabica coffee (*Coffea arabica* L.) grown at different altitudes of Mana district, jimma Zone. **American Journal of Plant Sciences**, v.9, p.1292-1307, 2018.

OLIVEIRA, P.S.; SILVA, W.; COSTA, A.A.M.; SCHMILDT, E.R.; VITÓRIA, E.L. Leaf area estimation in litchi by means of allometric relationships. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.39, n. Special, p.1-6, 2017.

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.; SCHMILDT, O.; CZEPAK, M.P.; ARANTES, S.D.; ALEXANDRE, R.S.; SCHMILDT, E.R. Estimation of Leaf Area of Jackfruit Through Non-destructive Method. **Journal of Agricultural Science**; v.11, n.6, p.77-85, 2019.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; DETMANN, E.; CAMPOSTRINI, E. Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha. **Ceres**, v.53, n.306, p.204-210, 2006.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2019) **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://r-project.org>>. Acessado em: 29 abril 2019.

- 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.; SCHMILDT, O.; VITÓRIA, E.L.; SCHMILDT, E.R. Leaf area estimation of garden boldo from linear dimensions. **Journal of Agricultural Science**, v.11, p.461-469, 2019.
- SCHINDELIN, J.; RUEDEN, C.T.; HINER, M.C.; ELICEIRI, K.W. The image jecosystem: an open platform for biomedical image analysis. **Molecular Reproduction and Development**, v.82, n.7-8, p.518-529, 2015.
- SCHMILDT, E.R.; AMARAL, J.A.T.; SANTOS, J.S.; SCHMILDT, O. Allometric model for estimating leaf area in clonal varieties of coffee (*Coffea canephora*). **Revista Ciências Agrônômicas**, v. 46, n. 4, p. 740-748, out-dez, 2015.
- SCHMILDT, E.R.; HUESO, J.J.; PINILLOS, V.; STELLFELDT, A.; CUEVAS, J. Allometric models for determining leaf area of 'Fino de Jete' cherimoya grown in greenhouse and in the open field. **Fruits**, v.72, p.24-30, 2017.
- SCHMILDT, E.R.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, R.S.; FERNANDES, A.A.; CZEPAK, M.P. Modelos alométricos na determinação da área foliar de *Bauhinia monandra* Kurz. **Comunicata Scientiae**, v.7, n.3, p.415-419, 2016.
- SCHMILDT, 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.; SCHMILDT, E.R. Estimation of leaf area by linear dimensions in *Coffea dewevrei*. **International Journal of Plant & Soil Science**, v.28, p.1-8, 2019.
- SCHWAB, N.T.; STRECK, N.A.; REHBEIN, A.; RIBEIRO, B.S.M.R.; ULHMANN, L.O.; LANGNER, J.A.; BECKER, C.C. Dimensões lineares da folha e seu uso na determinação do perfil vertical foliar gladiolo. **Bragantia**, v.73, p.97-105, 2014.
- SILVA, A.R.; LEITE, M.T.; FERREIRA, M.C. Estimativa da área foliar e capacidade de retenção de calda fitossanitária em cafeeiro. **Bioscience Journal**, v.24, n.3, p.66-73, 2008.
- TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LOOSE, L.H.; HELDWEIN, A.B.; ZANON, A.J. Área foliar de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de dimensões foliares. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.1, p. 2491-2500, 2012.
- TOEBE, M.; SOUZA, R.R.; MELLO, A.C.; MELO, P.J.; SEGATTO, A.; CASTANHA, A.C. Leaf area estimation of squash 'Brasileirinha' by leaf dimensions. **Ciência Rural**, v.49, n.4, p.1- 11, 2019.
- WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, p.184-194, 1981.
- ZHANG, L.; LIU X. S. Non-destructive leaf-area estimation for *Berberia purpurascens* across timberline ecotone, southeast Tibet. **Annales Botanici Fennici**, v.47, n.5, p.346-352, 2010.